

Schweizerische
Fachschule

TEKO

Solarfloating auf einem Schweizer Stausee

Welches Potential die schwimmende Photovoltaik in der Schweiz hat

Diplomarbeit 2024

Autor: Sven Albicker
Schule: TEKO Zürich
Ausbildung: Techniker HF Energie und Umwelt
Klasse: Z-TEU-21-T-a
Dozent: Nicolas Stankowski, Ursula Eschenauer
Datum: Glattbrugg, 23.10.2024

Solarfloating auf einem Schweizer Stausee

Welches Potential die schwimmende Photovoltaik
in der Schweiz hat

Autor

Sven Albicker
Rapperswilerstrasse 1a
8620 Wetzikon
+41 76 424 18 96
sven.albicker@outlook.com

Dozenten

Ursula Eschenauer
TEKO Zürich
ursula.eschenauer@edu.teko.ch

Nicolas Stankowski
TEKO Zürich
nicolas.stankowski@edu.teko.ch

Wetzikon, Oktober 2024

Inhaltsverzeichnis

Ehrenwörtliche Erklärung.....	IV
Lebenslauf	V
Kompetenzprofil	VI
Vorwort und Projekthintergrund	IX
Einleitung	X
Terminplan	XI
Arbeitsjournal.....	XII
Management Summary	XIII
1. Funktion einer Solarfloating Anlage.....	1
2. Materialauswahl einer Solarfloating Anlage	3
3. Kriterien für die Wahl des Standortes	15
4. Erfahrungen aus anderen Anlagen	18
5. Rechtliche und regulatorische Anforderungen	23
6. Förderungen von Photovoltaikanlagen	24
7. Meine Anlagenkonzepte.....	26
8. Akzeptanz in der Bevölkerung	46
9. Umweltauswirkungen einer Solarfloating-Anlage	53
10. Das Recycling nach der Lebenszeit einer Anlage	57
11. Zukunftsaussichten.....	61
12. Schlussfolgerungen.....	63
Literaturverzeichnis	66

Abbildungsverzeichnis	70
Anhang	74

Ehrenwörtliche Erklärung

Ich versichere, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der im Literaturverzeichnis angegebenen Quellen und Hilfsmittel angefertigt habe.

Die Arbeit wurde selbstständig und ohne Hilfe anderer Personen erarbeitet.

Diese Diplomarbeit ist noch nicht veröffentlicht worden. Sie ist somit weder anderen Interessenten zugänglich gemacht noch einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt worden.

Diese Arbeit ist lediglich im Rahmen einer Plagiatsprüfung überprüft worden.

Ort, Datum

Wetzikon, 15.10.2024

Unterschrift

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Sven Abida', written in a cursive style.

Lebenslauf

Ausbildungen

August 2016 – August 2020

Lehre als Elektroinstallateur EFZ Fürst und Zünd
Elektro AG in Volketswil

Oktober 2021 – November 2024

**Weiterbildung zum Dipl. Techniker HF Energie &
Umwelt** TEKO in Glattbrugg

Berufliche Tätigkeiten

August 2020 – Dezember 2020 Elektroinstallateur EFZ

Fürst und Zünd Elektro AG in Volketswil

Mai 2021 – März 2022

Elektroinstallateur (temporär und festangestellt) Hustech Installations AG in Bubikon

April 2022 – heute

Projektleiter Smart Energy Elektrizitätswerk Jona-Rapperswil AG

Derzeitige Tätigkeiten:

- Erstellung von Offerten für PV-Anlagen sowie Ladestationen
- Einteilung der Arbeitskräfte
- Projektleitung der offerierten Projekte
- Inbetriebnahme der fertiggestellten Anlagen
- Rechnungsstellungen
- Kundenberatung und Service

Sonstiges

Staatsangehörigkeit

Schweiz

Führerausweise

Kategorie B, BE, C1, C1E, D1, D1E

Sprachen

Schweizerdeutsch (Muttersprache)

Hochdeutsch (sehr gut)

Englisch (gut)

Hobbys

Eishockey, Vorstand EHCW Fanclub, Wandern, Reisen



Kompetenzprofil

Dipl. Techniker HF Energie und Umwelt

Prozess 1

Menschen führen

Als Projektleiter plane ich meine Projekte und führe diese mit unseren Monteuren aus. Dafür erstelle ich Pläne, welche ich dann vor Ort mit den Arbeitskräften anschau, sodass diese auch den Kundenwünschen entsprechend nach ausgeführt werden. Kommt unvorhergesehenes zum Vorschein, so muss ich so schnell wie möglich reagieren und den Arbeitskräften einen anderen Weg aufzeigen, damit das Projekt dennoch erfolgreich abgeschlossen werden kann. Da wir auch einen Flüchtling haben, ist es auch bei ihm besonders wichtig, ihm verständlich beizubringen, was er zu tun hat, da seine Deutschkenntnisse etwas schlecht sind.

Prozess 3

Projekte planen und leiten

Projekte werden bei mir nach der Auftragsbestätigung des Kunden eingeplant. Dafür ist es wichtig, die Zeit, welche für das Projekt benötigt wird, richtig einschätzt, damit die Personalplanung auch so effizient wie möglich gestaltet werden kann. Dazu werden dann die Baubewilligungen eingeholt, Installationsanzeigen und technischen Anschlussgesuche eingereicht, wie auch Pläne für die Monteure erstellt, sodass diese das Projekt ausführen können. Während der Realisierung ist eine gute Kommunikation zwischen Auftraggeber und den Arbeitskräften unbedingt wichtig, sodass man auch kosteneffizient und den Kundenwünschen entsprechend das Projekt durchführen kann.

Prozess 5

Wirkungsvoll präsentieren und kommunizieren

Dem Interessenten einer Anlage, welcher bei uns eine Offerte anfordert, wird verständlich aufgezeigt, was man bei uns für Möglichkeiten hat. Dabei ist es absolut wichtig, mit guten Argumenten, diesen zu überzeugen. Es helfen dabei bereits vorab abgeklärte Daten, beispielsweise bei einer PV-Anlage, wo das Dach schon bekannt ist, bereits das Dach grob mit technischen Hilfsmitteln mit Modulen auszulegen. So wird bereits verständlich präsentiert, welche Möglichkeiten, dass es mit dem bestehenden Dach gibt.

Prozess 7 Geschäftsziele erreichen

In unserer Smart Energy Abteilung werden jeweils Anfang jedes Jahres die Geschäftsziele bekannt gegeben. Diese beinhalten jeweils Ziele aus finanzieller Sicht, aber auch aus gesundheitlicher Sicht, auch damit so wenig Arbeitsunfälle wie möglich geschehen. In meinem Verantwortungsbereich bin ich dazu angehalten, diese zu erreichen.

Prozess 9 Probleme analysieren und lösen

Falls einmal eine Anlage ausfällt, bin ich dafür verantwortlich, das Problem davon zu analysieren und zu lösen. Die Fehlersuche braucht ein grosses Wissen über alle Komponenten, die wir verbauen, um das Problem auch identifizieren zu können. Ein Fehler kann bei uns nicht nur physisch an einer Elektroinstallation auftreten, sondern auch in einer Software von einer unserer Komponenten. Da meine Kompetenzen im Bereich der Software eher gering sind, braucht es eine gute Zusammenarbeit zwischen den Herstellern und mir.

Prozess 12 Anlage Projektieren

In meinem Beruf als Projektleiter Smart Energy projettierte ich Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien wie Photovoltaikanlagen und deren Optimierungen. In meinem Fachbereich installieren wir zusätzlich auch Ladestationen, um zukünftig auch emissionsfrei mit dem Auto unterwegs zu sein. Für ein erfolgreiches Projekt erstelle ich die Pläne, zeichne das Elektro-Schema und lege nach Beendigung aller Arbeiten die technischen Datenblätter, wie auch die technische Dokumentation zu Anlage bei.

Prozess 13 Daten erfassen und auswerten

Auch nach dem Einbau einer unserer Anlagen kommen oft Fragen auf. Bei der PV-Anlage beinhaltet das oft die Eigenverbrauchsoptimierung. Da wir in der Regel einen Smart Meter einbauen, welcher eine Verbindung mit dem Wechselrichter besitzt, können wir die Daten nach einer gewissen Zeit auswerten, analysieren, wie gross der Eigenverbrauch ist und unseren Kunden eine effiziente Energieoptimierung anbieten.

Prozess 14 Anlagen aufbauen und in Betrieb setzen

Nach dem Aufbau, bzw. der Installation der Anlage folgt die Inbetriebnahme. Davor wird die Anlage betreffend Sicherheit geprüft, sodass sie auch möglichst fehlerfrei laufen wird und allen Sicherheitsstandards entspricht. Danach kann man die Anlage in Betrieb setzen, was jeweils auch noch ein gewisses Vorwissen vom Hersteller benötigt.

Prozess 16 Prozesse betreiben, analysieren und optimieren

Da ich in einer noch etwas jungen Abteilung arbeite, sind wir ständig daran, wie wir künftig noch effizienter arbeiten können. So hilft es auch, Punkte, welche noch nicht funktionieren, bei den Vorgesetzten anzusprechen, damit man dies in unseren Prozessen effizienter gestalten können. Da der Bereich der erneuerbaren Energien sich derzeit auch ständig verändert, da auch die Politik vieles vereinfachen will, sind wir daran, unsere Prozesse jeweils den Gegebenheiten anzupassen.

Vorwort und Projekthintergrund

In meiner Diplomarbeit befasse ich mich mit dem Thema Solarfloating auf Schweizer Stauseen. Die Bedeutung von erneuerbaren Energien nimmt immer weiter zu, auch in der Schweiz. Gefragt sind innovative Ideen, die uns helfen, umweltschonend Energie zu produzieren. Da andere Länder weltweit bereits grosse Solarfloating Anlagen errichtet haben, möchte ich anhand meiner Diplomarbeit aufzeigen, dass auch wir in der Schweiz die Chance haben, dies zu nutzen.

Die Schweiz kann in diesem Fall aber auch eine Vorreiterrolle einnehmen. Der erste Prototyp einer hoch gelegenen Solarfloating Anlage wurde hier im Wallis gebaut.

Das Potential einer Anlage auf einem anderen See ist sehr hoch. Es scheint in unseren Alpen oft die Sonne und dazu ist es meist etwas kühl, was wiederum ein Vorteil für die Photovoltaikmodule bedeutet. Dazu bietet der See eine grosse und unbenutzte Fläche, die wir so nutzen können. Somit eine vielversprechende Lösung, die etwas Grosses bewirken kann.

Mein Projekthintergrund dieser Arbeit liegt darin, dass ich bereits als Projektleiter in der Photovoltaik-Branche tätig bin. Dabei ist es sehr interessant, den Ausbau der Photovoltaik hautnah mitzuerleben und dabei zu helfen, erneuerbaren Strom zu produzieren. Es erstaunt mich aber immer wieder, wie viele kleine Einfamilienhäuser sich eine PV-Anlage zu tun und wie wenig grosse Anlagen wir bauen. Selbstverständlich ist jedes Haus, welches selbst produziert auch gut, jedoch sieht der Ausbau in anderen Ländern so aus, dass neben Ein- und Mehrfamilienhäusern auch viele Grossanlagen errichtet werden. Zwar verfügen diese in der Regel auch über mehr Flachland, dennoch sehe ich hier den Schweizer Weg. Auch wir können Grossanlagen bauen, nur vielleicht etwas anders.

Einleitung

Aufgabestellung

Für den Studiengang des Techniker HF Energie und Umwelt wird am Ende des Studiums eine Diplomarbeit verfasst. Die Vorgaben darunter sind sehr genau. Gefordert für die Arbeit wird unter anderem der Umfang von mindestens 12'000 Wörtern oder auch der Arbeitsaufwand von 150 bis 250 Stunden bzw. 6 Wochen. Das Thema darf man frei auswählen, daher habe ich mich für Solarfloating in der Schweiz entschieden.

Ausgangslage

Von Anfang an wollte ich ein Thema nehmen, welches die Photovoltaik miteinbezieht. Da ich als Projektleiter bereits in diesem Bereich arbeite, wollte ich dies miteinbeziehen. Eine PV-Anlage selbst wäre aber wohl zu einfach gewesen. So habe ich mich umgeschaut und kam auf das Ergebnis Solarfloating. Weltweit wurden schon viele Solarfloating-Anlagen errichtet, doch in der Schweiz ist erst eine vorhanden. Daher habe ich mich auch gefragt, wo die Probleme sein könnten und warum wir hier nicht mehr haben, obwohl anscheinend ein Potential vorhanden ist.

Zieldefinition

Für diese Diplomarbeit habe ich besonders diese Ziele:

- Das Potential von Solarfloating-Anlagen in der Schweiz aufzuzeigen.
- Die wichtigsten Komponenten aufzeigen und zu erklären.
- Die Kriterien für eine Schweizer Anlage aufzuzeigen.
- Von den Erfahrungen der Anlage auf dem Lac des Toules zu profitieren.

Projektrisiken

Zur Erstellung dieser Diplomarbeit gehen vor allem die folgenden Risiken hervor:

- Wenig Daten, die zur Verfügung gestellt werden.
- Dass die Machbarkeit nirgends erwiesen werden kann.
- Keine Anlage auch wirklich wirtschaftlich ist.
- Die Hersteller und Unternehmen mit Bezug zu Solarfloating nicht kooperieren.

Terminplan

Terminplan SOLL

Zeitplanung SOLL		Orientierung		Recherche und Durchführung der Diplomarbeit																Abschlussphase							
Kalenderwoche		18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
Orientierungs- und Planungsphase																											
Thema finden																											
Erste Literaturrecherche																											
Vorschlag Diplomarbeit ausarbeiten																											
Gliederung einplanen																											
Realisierbarkeit prüfen																											
Formular prüfen lassen und einreichen																											
Recherche und Projektdurchführung																											
Literatursuche- und analyse																											
Forschungsmethode bestimmen																											
Anlagenkonzepte erstellen																											
Konzepte analysieren																											
Schreibphase																											
Einleitung schreiben																											
Konzepte in die Arbeit einfließen lassen																											
Theorie schreiben																											
Umfrage erstellen																											
Fazit																											
Korrektur																											
Arbeit prüfen lassen																											
Druck und Abgabe																											
Arbeit drucken lassen und binden																											
Abgabe																											
Abgabe der Diplomarbeit																											

Terminplan IST

Zeitplanung IST		Orientierung		Recherche und Durchführung der Diplomarbeit																Abschlussphase							
Kalenderwoche		18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
Orientierungs- und Planungsphase																											
Thema finden																											
Erste Literaturrecherche																											
Vorschlag Diplomarbeit ausarbeiten																											
Gliederung einplanen																											
Realisierbarkeit prüfen																											
Formular prüfen lassen und einreichen																											
Recherche und Projektdurchführung																											
Literatursuche- und analyse																											
Forschungsmethode bestimmen																											
Anlagenkonzepte erstellen																											
Konzepte analysieren																											
Schreibphase																											
Einleitung schreiben																											
Konzepte in die Arbeit einfließen lassen																											
Theorie schreiben																											
Umfrage erstellen																											
Fazit																											
Korrektur																											
Arbeit prüfen lassen																											
Druck und Abgabe																											
Arbeit drucken lassen und binden																											
Abgabe																											
Abgabe der Diplomarbeit																											

Arbeitsjournal

Tätigkeit	Datum	Aufgewendete Stunden
Orientierungs- und Planungsphase		
Themenfindung	Dienstag, 30. April 2024	3
Themenfindung	Mittwoch, 1. Mai 2024	1
Themenfindung	Mittwoch, 8. Mai 2024	2
Literaturrecherche über Solarfloating	Mittwoch, 8. Mai 2024	2
Literaturrecherche über Solarfloating	Donnerstag, 9. Mai 2024	2
Vorschlag Diplomarbeit erstellen	Dienstag, 14. Mai 2024	1
Mögliche Gliederung einplanen	Dienstag, 14. Mai 2024	1
Realisierbarkeit prüfen lassen, Formular prüfen lassen	Dienstag, 14. Mai 2024	1
TOTAL		13
Recherche und Projektdurchführung		
Literaturrecherche über Solarfloating	Dienstag, 28. Mai 2024	3
Literaturrecherche über Solarfloating	Dienstag, 11. Juni 2024	3
Literaturrecherche über Solarfloating	Mittwoch, 12. Juni 2024	1
Literaturrecherche über Solarfloating	Montag, 17. Juni 2024	2
Literaturrecherche über Solarfloating	Dienstag, 18. Juni 2024	1
Gliederung erstellen, Forschungsmethode bestimmen	Dienstag, 25. Juni 2024	3
Anlagenkonzept erstellen --> Suche von geeigneten Anlagen	Freitag, 28. Juni 2024	4
Anlagenkonzept erstellen inkl. Sihsee vor Ort anschauen	Sonntag, 30. Juni 2024	9
Anlagenkonzept erstellen	Dienstag, 2. Juli 2024	4
Konzepte analysieren	Dienstag, 9. Juli 2024	4
TOTAL		34
Schreibphase		
Einleitung schreiben (freier Tag)	Dienstag, 30. Juli 2024	8
Einleitung schreiben	Donnerstag, 1. August 2024	2
Einleitung schreiben	Sonntag, 4. August 2024	1
Erste Theorie schreiben (freier Tag)	Dienstag, 6. August 2024	8
Diplomsitzung mit Nicolas inkl. Protokoll	Donnerstag, 8. August 2024	2
Konzepte in die Arbeit einfließen lassen	Montag, 12. August 2024	3
Konzepte in die Arbeit einfließen lassen (freier Tag)	Dienstag, 13. August 2024	6
Anfrage für Interview Romande Energie	Dienstag, 13. August 2024	2
Umfrage erstellen, Theorie schreiben	Dienstag, 20. August 2024	6
Umfrage erstellen	Donnerstag, 22. August 2024	2
Umfrage erstellen	Freitag, 23. August 2024	2
Anfrage für Interview Romande Energie	Samstag, 24. August 2024	2
Umfrage auswerten und einfließen lassen	Dienstag, 27. August 2024	3
Umfrage auswerten und einfließen lassen	Donnerstag, 29. August 2024	4
Theorie schreiben (Produkte und Komponenten)	Sonntag, 1. September 2024	4
Theorie schreiben (Produkte und Komponenten)	Dienstag, 3. September 2024	2
Theorie schreiben (Förderungen)	Donnerstag, 5. September 2024	1
Theorie schreiben (Förderungen)	Dienstag, 10. September 2024	3
Theorie schreiben (Ausarbeitung der Kriterien)	Donnerstag, 12. September 2024	4
Theorie schreiben (Ausarbeitung der Kriterien)	Dienstag, 17. September 2024	4
Theorie schreiben (Erfahrungen aus anderen Anlagen)	Donnerstag, 19. September 2024	2
Theorie schreiben (Erfahrungen aus anderen Anlagen)	Sonntag, 22. September 2024	4
Theorie schreiben (Erfahrungen aus anderen Anlagen)	Montag, 23. September 2024	1
Theorie schreiben (freier Tag) (Wirtschaftlichkeit berechnen)	Dienstag, 24. September 2024	8
Theorie schreiben (freier Tag) (Umfrage präzisieren) (Umwelt)	Mittwoch, 25. September 2024	8
Theorie schreiben (freier Tag) (Umweltauswirkungen)	Donnerstag, 26. September 2024	8
Theorie schreiben (freier Tag) (Recherche Unterkonstruktion)	Dienstag, 1. Oktober 2024	8
Theorie schreiben (freier Tag) (Recycling) (Zukunftsaussichten)	Mittwoch, 2. Oktober 2024	8
Theorie schreiben (freier Tag) (Zukunftsaussichten) (Fazit)	Donnerstag, 3. Oktober 2024	8
Theorie und Fazit schreiben (freier Tag) (einfügen von Bildern)	Freitag, 4. Oktober 2024	7
Diplomsitzung mit Nicolas inkl. Protokoll	Montag, 7. Oktober 2024	1
Überarbeitung der genannten Punkte von Nicolas (freier Tag)	Dienstag, 8. Oktober 2024	7
Optimierung der Diplomarbeit	Sonntag, 13. Oktober 2024	4
TOTAL		143
Korrektur		
Erstmaliges durchlesen und korrigieren	Freitag, 4. Oktober 2024	1
Diplomarbeit durchlesen und korrigieren (Plagiatsoftware)	Sonntag, 6. Oktober 2024	2
Arbeit prüfen lassen	Dienstag, 8. Oktober 2024	1
Arbeit prüfen und durchlesen vor Druckfreigabe (freier Tag)	Dienstag, 15. Oktober 2024	5
TOTAL		9
Druck und binden lassen		
Diplomarbeit drucken	Dienstag, 15. Oktober 2024	1
TOTAL		1
TOTAL AUFGEWENDETE STUNDEN FÜR DIE DIPLOMARBEIT		200

Management Summary

Erneuerbare Energien stehen je länger je mehr Interesse. Anhand von vergangenen Abstimmungen ist bereits klar, dass die Schweizer Bevölkerung interessiert ist, die erneuerbaren Energien weiter zu fördern. Dazu kann die Energie der Sonne einen grossen Teil dafür liefern. Die Schweiz hat mit ihrer Alpenlandschaft bereits einige Stauseen zur Stromproduktion errichtet. Diese Seen kann man mit einer Photovoltaikanlage noch mehr nutzen.

Im Ausland sieht man derzeit bereits eine steigende Anzahl von Solaranlagen auf dem Wasser. Wie so oft wird man in der Schweiz wohl nicht denselben Weg wie im Ausland nehmen können, auch da die Schweiz nicht über viele grosse Seen verfügt. Dennoch kann man einen Schweizer Weg gehen, indem man trotzdem dies nutzt, was man hat.

Zielsetzung

Meine Arbeit sollte das Potential von schwimmenden Photovoltaikanlagen auf Schweizer Stauseen aufzuzeigen. Wie bereits erwähnt, verfügt die Schweiz bereits über Stauseen, die der Stromproduktion dienen. Mit einer Solaranlage kann man einen solchen See noch weiter nutzen und erneuerbar Strom produzieren.

Die Produkte, die für eine Schweizer Solarfloating-Anlage infrage kommen, werden in dieser Arbeit analysiert und es werden die jeweiligen Vor- und Nachteile aufgezeigt.

Jede Variante Strom zu produzieren, nimmt Vor-, wie jedoch auch Nachteile mit sich. So soll diese Arbeit auch beides gut aufzeigen können. Dabei soll nicht nur die Technik darin einen Platz finden, sondern auch andere Themen wie die Akzeptanz in der Bevölkerung.

Zudem ist wichtig, dass eine solche Anlage wirtschaftlich Strom liefern kann. Denn niemand will zu viel für diesen Strom bezahlen. Daher wird aufgezeigt, wie wirtschaftlich eine solche Anlage ist.

Derzeit gibt es einige Hürden, um eine schwimmende Anlage zu errichten. So wird in meiner Arbeit ersichtlich, welche Bewilligungen einzuholen sind, damit man auch bauen und installieren darf.

Methodik

Es werden mehrere Ansätze in der Methodik verwendet. Zunächst einmal eine umfassende Literaturrecherche, in welcher der Stand der Technik analysiert wurde. Verschiedenste Produkte und Komponenten werden aufgezeigt, dass man derer Vor- und Nachteile ersichtlich hat und damit die geeigneten Produkte für eine Schweizer Solarfloating-Anlage auswählen kann. Dies auch immer mit einem wirtschaftlichen Gedanken dahinter, denn es soll auch Strom produziert werden, welcher auf dem Strommarkt zu einem guten Preis verfügbar ist.

Ergebnis

Es wurden nicht nur die Sonnenseiten, sondern auch die Schattenseiten aufgezeigt, die eine solche Anlage mit sich bringt. Auch die Bevölkerung hat in dieser Arbeit eine Stimme erhalten, da es ohne die Akzeptanz nicht funktioniert. Das Ergebnis ist eine Arbeit, die aufzeigt, wie sinnvoll eine weitere Solarfloating-Anlage ist und wo das Potential auch wirklich liegt.

1. Funktion einer Solarfloating Anlage

1.1 Was ist Solarfloating?

Die Energiekrise bringt immer mehr neue Ideen und Konzepte hervor. Eine von vielen ist dabei das Solarfloating. Es werden dabei Photovoltaikanlagen auf Seen erstellt und dies in der Regel in sehr grossem Ausmass. Diese grossen Anlagen sind jedoch auch möglich, da man auf dem See eine grosse Fläche hat, welche keinen Mehrwert für die Energie erbringen kann. Mit Solarfloating wird genau diese Fläche ausgenutzt und es kann erneuerbarer Strom produziert werden.

1.2 Potential der Schweizer Stauseen für Solarfloating

Die Schweiz besitzt über viele Stauseen, welche über eine grosse Wasserfläche verfügen. Mit einer Photovoltaikanlage machen wir uns diese Fläche nutzbar. Durch die Kombination aus Wasserkraft und der Photovoltaik entsteht ein System, welches die Stabilität unserer Stromversorgung weiter erhöht. Zudem wechseln unsere Stauseen den Wasserstand nicht ganz so oft. Daher bleibt die Anlage auf dem See schwimmen und kann sauberen Strom produzieren. Zudem ist es im Winter oft der Fall, dass es in unseren Alpen sonnig ist, was jeweils im Flachland nicht der Fall ist. Somit kann Solarfloating auch im Winter die benötigte Energie liefern.

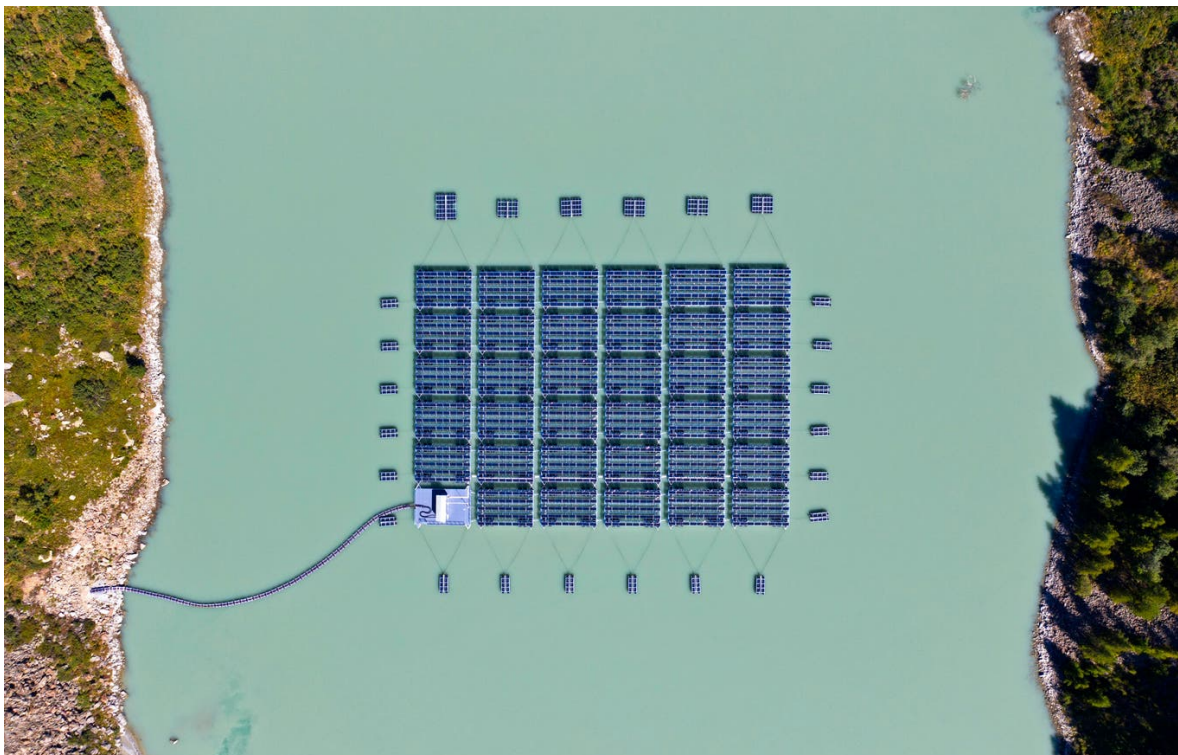


Bild 1: Solarfloating Anlage auf dem Lac des Toules im Wallis (Schweiz)

1.3 Weshalb eine Anlage auf einem See in den Alpen?

Eine Anlage auf einem See in den Alpen wird wohl für viele als störend empfunden. Aber genau dieser Standort bietet einige Vorteile:

- **Platzersparnis:** Auch im Flachland werden sind Flächen für eine Photovoltaikanlage rar, da auch vieles Landwirtschaftlich genutzt wird oder dem Naturschutz dient. Durch die Nutzung von Stauseen kann ein Platz genutzt werden, der einerseits über eine grosse Fläche verfügt und andererseits bereits für die Energiegewinnung mit dem See selbst dient.
- **Effizienz durch Kühlung:** Solarmodule mögen kühlere Temperaturen, um auf einen höheren Wirkungsgrad zu kommen. In den Alpen sind kühlere Temperaturen wie im Flachland vorhanden. Somit ist dies für die Effizienz ein erheblicher Vorteil.
- **Verringerte Verdunstung:** Solarfloating-Anlage können die Wasserverdunstung verringern. Da ein Teil der Wasseroberfläche abgedeckt wird, verdunstet weniger Wasser, was besonders im Sommer zum Vorteil wird.
- **Einstrahlung von 2 Seiten:** Auf einem See kann auch eine kleine Einstrahlung auf der Rückseite des Solarmoduls erfolgen. Dies ist bei einem Hausdach nicht der Fall. Mit diesem Vorteil lässt sich mehr Strom produzieren.
- **Wetterbedingungen:** Die Alpen verfügen über mehr Sonnenstunden wie das Flachland. Der jährliche Ertrag einer Grossanlage ist daher grösser, wie bei einer solchen Grossanlage im Flachland.
- **Doppelte Nutzung eines Stausees:** Ein Stausee dient bereits der Energiegewinnung. Mit einer Solarfloating-Anlage kommt noch eine weitere Möglichkeit hinzu, erneuerbar Strom zu produzieren.

Eine alpine Photovoltaik-Anlage, insbesondere eine alpine Solarfloating-Anlage bietet gegenüber Anlagen im Flachland viele Vorteile. Insgesamt ist es eine weitere Möglichkeit erneuerbar Strom zu produzieren.

2. Materialauswahl einer Solarfloating Anlage

2.1 Unterkonstruktion

Die Konstruktion, auf welcher die Solarmodule schwimmen, gilt wohl als das Herausforderndste an der Anlage. Wichtig daran ist, dass sie die Stabilität und Funktionalität der Anlage auf dem Wasser gewährleisten kann. Im Fall auf dem Stausee muss sie zudem etwas mehr aushalten können als eine Anlage auf einem See im Mittelland. Es muss also einiges mehr können, wie die Unterkonstruktion einer herkömmlichen Anlage auf einem Dach.

2.1.1 Unterkonstruktion von K2

Die Unterkonstruktion von K2 wurde schon auf dem Lac des Toules im Wallis verwendet. Somit hat man bereits Erfahrungen an einer Anlage hier in der Schweiz. Zudem hat man den Fall genau angeschaut und die Unterkonstruktion auch auf die Temperaturen, Wind- und Schneeverhältnisse vom See massgeschneidert ausgelegt.



Bild 2: Installation der Unterkonstruktion von K2

Funktion

Im Fall von K2 hat man jeweils verschiedene Strukturen. Auf diesen schweben die Solarmodule sozusagen auf der Unterkonstruktion. Die Strukturen können an Land oder im Untergrund festgebunden werden, sodass sie nicht wegschwimmen. Die Aluminiumkonstruktion selbst schwebt auf schwarzen Schwimmkörpern, welche in Anlage in der Luft halten.

Vorteile
<ul style="list-style-type: none">• Erfahrungen auf einem Schweizer Stausee
<ul style="list-style-type: none">• Eine Firma aus Deutschland
Nachteile
<ul style="list-style-type: none">• Im Allgemeinen noch nicht viel Erfahrung bei anderen Anlagen
<ul style="list-style-type: none">• Keine Massenware, daher die Kosten wohl etwas höher

2.1.2 Unterkonstruktion von Sungrow

Sungrow, ein Hersteller aus China, hat bereits in Asien sehr viele Solarfloating-Anlagen gebaut. Diese bauen sie jeweils in grossem Ausmass und verfügen daher über viel Erfahrung im Bereich Solarfloating.

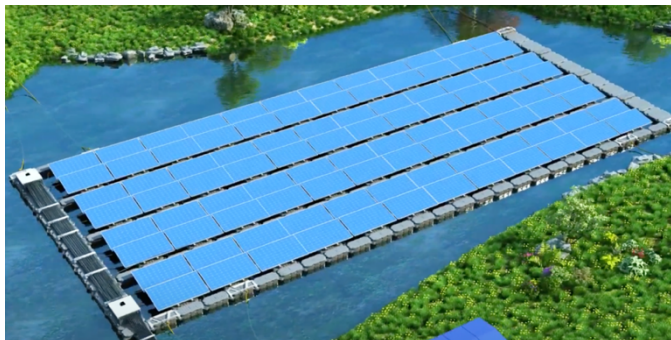


Bild 3: Animierte Solarfloating-Anlage von Sungrow

Funktion

Die Konstruktion von Sungrow ist genauer gesagt ein Schwimmkörper aus viel verschiedenen Teilen. Diese werden auf dem Grund des Sees oder an Land verankert, sodass die Anlage nicht wegschwimmen kann. Das System ist grundsätzlich sehr einfach gehalten und lässt sich auch einfach installieren.

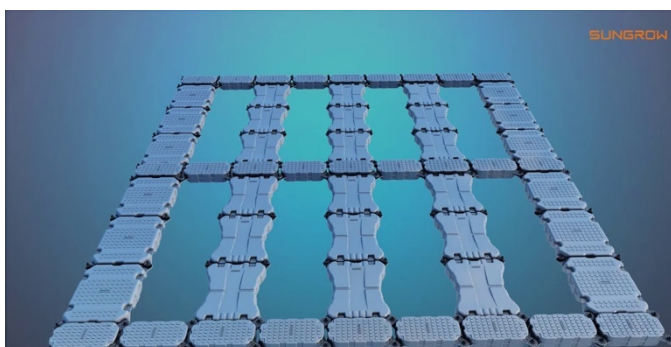


Bild 4: Schwimmende Plattform, auf welcher danach die Solarmodule folgen

Vorteile
<ul style="list-style-type: none">• 25 Jahre Lebensdauer garantiert
<ul style="list-style-type: none">• Umweltfreundliches Material
<ul style="list-style-type: none">• Starke Tragfähigkeit
<ul style="list-style-type: none">• Ermüdungsschutz und Wellenbeständigkeit
<ul style="list-style-type: none">• Abgenommen vom TÜV
Nachteile
<ul style="list-style-type: none">• Referenzanlagen vor allem in Asien
<ul style="list-style-type: none">• Bisher eher auf ruhigerem Gewässer erbaut
<ul style="list-style-type: none">• Geschäft vor allem auf den asiatischen Markt ausgelegt
<ul style="list-style-type: none">• Etwas schwieriger Support für Europa

2.1.3 Unterkonstruktion von Ciel & Terre

Die Unterkonstruktion wurde bereits auf der ganzen Welt verwendet. Besonders zwar in Asien, aber auch in vielen europäischen Ländern kam diese Art von Unterkonstruktion schon zum Zug. Dies vor allem in ruhigerem Gewässer. Auf dem Alto-Rabagao-Stausee in Portugal wurde bereits auf einem Stausee eine Anlage damit errichtet.



Bild 5: Unterkonstruktion von Ciel & Terre in Brasilien

Funktion

Die Konstruktion ähnelt sehr dieser von Sungrow. Die schwimmende Plattform besteht auch aus Kunststoff. Einzig unter den Solarmodulen wird etwas mehr Aluminium verwendet als bei Sungrow. Die Verankerung wird gleich realisiert und kann auch auf dem Grund oder an Land festgebunden werden.

Vorteile
<ul style="list-style-type: none">• Weltweite Erfahrungen mit Solarfloating
<ul style="list-style-type: none">• Bereits installierte Anlage auf einem Stausee
<ul style="list-style-type: none">• 30 Jahre Lebensdauer
Nachteile
<ul style="list-style-type: none">• Bisher auf ruhigerem Gewässer gebaut
<ul style="list-style-type: none">• Etwas weniger Flexibilität bei den Strukturen
<ul style="list-style-type: none">• Konstruktion kann nicht bis auf den Grund des Sees heruntergelassen werden

2.2 Solarmodule

Die Module sind die Produzenten der Anlage. Sie produzieren den Gleichstrom, welcher danach in den Wechselrichter gelangt und somit bereit für unser Netz ist. Einerseits müssen auch sie viel Stabilität liefern, aber auch effizient produzieren können. Auf einem See kann anders als auf einem Dach auch auf der Gegenseite eingestrahlt werden. Daher sind bifaziale Module, auch anhand einer Schweizer Studie, bei einer solchen Anlage von grossem Vorteil. Messwerte der bestehenden Anlage im Wallis konnten bereits aufzeigen, dass auf einem See mit solchen Modulen etwas mehr produziert werden kann. Daher werden nur diese auch berücksichtigt.

2.2.1 Solarmodul Trina Vertex S+ TSM Bifacial Doppelglas

Das bifaziale Solarmodul von Trina Vertex bietet (Stand: Q3 2024) eine maximale Leistung von 455 Wp. Auf dem Markt sind derzeit die Module mit 455 Wp erhältlich. Bei Trina Vertex sind verschiedene Typen von Solarmodulen möglich. Grundsätzlich bietet man die Module in allen Variationen an, um den Kundenwünschen entsprechen zu können. Der Vorteil dieses Herstellers ist besonders das gute Preis-Leistungs-Verhältnis, welches nicht jeder bieten kann. Zudem wurden Solarmodule dieses Herstellers bereits auf Solarfloating-Anlagen weltweit installiert.

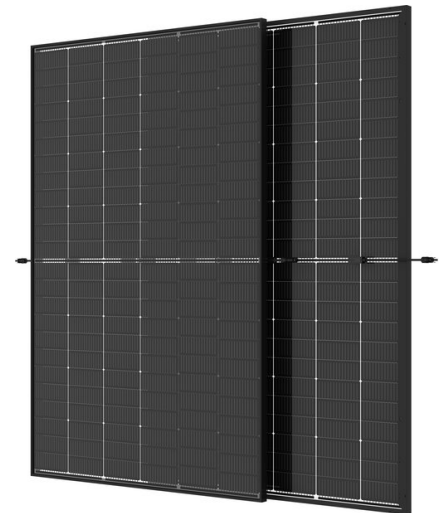


Bild 6: Vor- und Rückseite von Trina Vertex Solarmodul

Vorteile
<ul style="list-style-type: none">• Viel Leistung eines einzelnen Moduls
<ul style="list-style-type: none">• Günstiges Produkt
<ul style="list-style-type: none">• 30 Jahre Leistungsgarantie
Nachteile
<ul style="list-style-type: none">• Produkt aus China
<ul style="list-style-type: none">• Grösser und schwerer als andere Module

2.2.2 Meyer Burger Glass

Meyer Burger bietet mit ihrem bifazialen Solarmodul eine maximale Leistung von bis zu 390 Wp an. Auf dem Markt ist derzeit nur das Modul mit 385 Wp verfügbar. Meyer Burger bietet 3 verschiedene Module an. Einerseits den Modultyp Black, welcher ganz schwarz ist, damit dieser nicht blendet. Hinzu kommt noch der Modultyp White, welcher das Standardmodul des Herstellers ist. Mit dem Typ Glass hat man ein bifaziales Modul geschaffen, welches im Fall einer Solarfloating-Anlage am meisten Sinn ergibt.



Bild 7: Bifaziales Modul von Meyer Burger

Vorteile
<ul style="list-style-type: none">• Hersteller mit Sitz in der Schweiz
<ul style="list-style-type: none">• Etwas kleiner und leichter als andere Module
<ul style="list-style-type: none">• Höhere Effizienz als bei anderen Solarmodulen
Nachteile
<ul style="list-style-type: none">• Deutlich höherer Preis pro Solarmodul
<ul style="list-style-type: none">• Firma gelang durch den Umzug der Produktion in die USA etwas ins Schwanken

2.2.3 Axitec Glas-Glas N-Type Bifacial A

Axitec hat derzeit das bifaziale Modul mit bis zu 450 Wp ausgestellt. Auf dem Markt ist derzeit jedoch nur das 445 Wp Modul wirklich auf dem Markt zu finden. Der Sitz von Axitec liegt in Deutschland, produziert wird jedoch in China. Auch Axitec bietet grundsätzlich die Module in allen Variationen an, um den Kundenwünschen entsprechen zu können. So ist eine sehr breite Auswahl von ihren Modulen bzw. deren Modultypen zu finden.



Bild 8: Modul von Axitec

Vorteile
<ul style="list-style-type: none">• Viel Leistung eines einzelnen Moduls
<ul style="list-style-type: none">• Günstiges Produkt
<ul style="list-style-type: none">• 30 Jahre Leistungsgarantie
Nachteile
<ul style="list-style-type: none">• Produktion in China
<ul style="list-style-type: none">• Manche Module können etwas empfindlich sein

2.3 Verkabelung

2.3.1 DC-Verkabelung

Eine Solaranlage wird mit verschiedenen Kabeltypen errichtet. Auf der Seite der Photovoltaikmodule sind dies die Gleichstrom-, also die DC-Kabel, die man dafür verwendet. Sie sind speziell dafür ausgelegt, dass sie viel aushalten und man über die ganze Lebensdauer der Anlage Strom produzieren kann.

2.3.1.1 Kabel von Helukabel

Helukabel, ein Unternehmen mit Sitz in der Schweiz, hat sich auf Kabel aller Arten spezialisiert. Sie bieten vor allem auch im Bereich der Gleichstromkabel hohe Qualität. Die Kabel haben eine hohe Widerstandsfähigkeit gegen Feuchtigkeit und Wasser, wie auch eine gute Witterungsbeständigkeit, was für Solarfloating-Anlagen absolut wichtig ist.

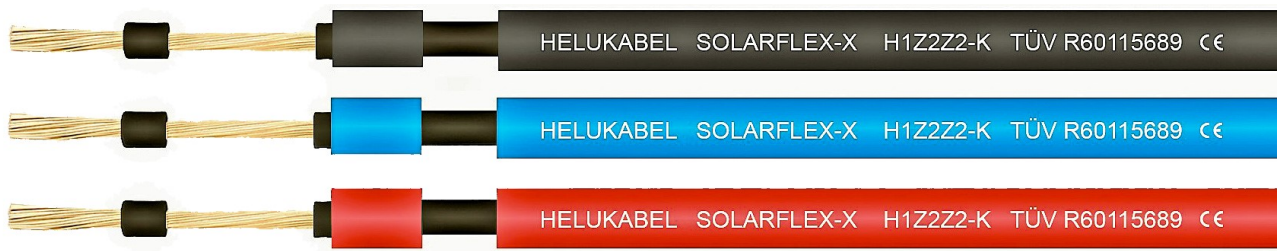


Bild 9: DC-Kabel von Helukabel in den verschiedenen Farben

Vorteile
<ul style="list-style-type: none">• Temperaturbereich von -40 °C bis +90 °C
<ul style="list-style-type: none">• Viele Zertifizierungen, darunter vom TÜV Rheinland
<ul style="list-style-type: none">• Wasserbeständig nach DIN VDE 0285-525-2-21
Nachteile
<ul style="list-style-type: none">• Premiumanbieter, daher leicht teurer als die Konkurrenz
<ul style="list-style-type: none">• Je nach Kabel eine längere Lieferzeit
<ul style="list-style-type: none">• Herstellung in Asien

2.3.1.2 Kabel von Nexans

Der Kabelproduzent Nexans hat ihren Sitz in Frankreich und ist im Allgemeinen der drittgrösste Kabelhersteller der Welt. Deren Gleichstromkabel bieten eine gute Qualität, um diese im Freien zu verlegen und sind auch für raue Klimabedingungen erstellt worden. Sie garantieren zudem eine Eintauchdauer im Wasser von bis zu 6 Monaten pro Jahr, ohne dass das Kabel beschädigt wird.



Bild 10: DC-Kabel von Nexans

Vorteile
<ul style="list-style-type: none">• Gutes Preis-Leistungs-Verhältnis
<ul style="list-style-type: none">• Geeignet für Installationen nah am Wasser
<ul style="list-style-type: none">• Sehr witterungsbeständig
Nachteile
<ul style="list-style-type: none">• Etwas weniger Zertifikate und Nachweise als andere Hersteller
<ul style="list-style-type: none">• Produktion in Asien

2.3.2 AC-Verkabelung

Nachdem der Gleichstrom produziert wurde und im Wechselrichter zu Wechselstrom umgewandelt wurde, kommen nicht mehr Gleichstromkabel, sondern Wechselstromkabel, also AC-Kabel zur Verwendung. Diese gibt es in viel mehr Variationen als DC-Kabel, da AC-Kabel meist nur in trockenen Gebieten installiert werden, wo Wasser gar kein grosses Thema ist. Für eine Solarfloating-Anlage ist jedoch sehr wichtig, solche mit hoher Qualität auszuwählen, da man ohnehin schon viel für das Kupfer am Leiter ausgeben muss.

2.3.2.1 Kabel von Nexans

Auch im Bereich von AC-Kabeln mit hoher Qualität ist das Unternehmen Nexans zu finden. Es sind auch bereits Erfahrungen mit Seekabeln vorhanden, denn auch für Windkraftanlagen im Meer hat man schon zu diesem Hersteller gegriffen. Sie haben eine Reihe von Kabeln, die dafür ausgelegt sind, mit Wasser in Berührung zu kommen.

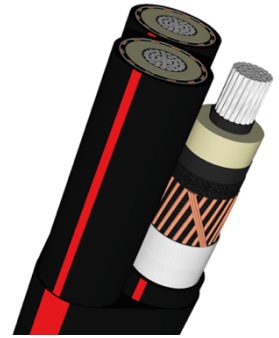


Bild 11: AC-Kabel, welches sich für Solarfloating eignet

Vorteile
<ul style="list-style-type: none"> • Viel Erfahrung mit stabilen Kabeln im Zusammenhang mit Wasser
<ul style="list-style-type: none"> • Grosse Auswahl an Kabeln
<ul style="list-style-type: none"> • Gutes Preis-Leistungs-Verhältnis
Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> • Produktion in Asien
<ul style="list-style-type: none"> • Je nach Kabel lange Lieferfristen

2.3.2.2 Kabel von NKT Kabel

NKT ist ein Unternehmen aus Dänemark und hat wie die anderen Hersteller eine breite Auswahl an verschiedenen Kabeln. Auch sie bieten qualitativ gute Kabel, die für eine Solarfloating-Anlage in Frage kommen. Zudem haben sie Ihre Produktion aber nicht wie andere Hersteller in Asien, sondern vorwiegend in Europa.



Bild 12: AC-Kabel von NKT, für den Gebrauch in und bei Wasser

Vorteile
<ul style="list-style-type: none"> • Kabelproduktion vor allem in Europa
<ul style="list-style-type: none"> • Grosse Auswahl an Kabeln
Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> • Datenblätter, die nicht über alle Möglichkeiten der Kabel informieren
<ul style="list-style-type: none"> • Teilweise schwierig lieferbar

2.4 Wechselrichter

Der Wechselrichter nimmt den Gleichstrom, welcher von den Solarmodulen produziert wird und wandelt diesen in Wechselstrom, welchen wir in unserem Netz haben, um. Es gibt mittlerweile verschiedenste Wechselrichterhersteller auf der ganzen Welt, die jeweils auch über ein Monitoring verfügen. Das heisst, jeder Wechselrichter kann in der Regel an das Internet angeschlossen werden, damit man die Produktion der Anlage sehen kann.

2.4.1 Wechselrichter von Sungrow

Sungrow bietet über viele Wechselrichter, die für eine grosse Solaranlage infrage kommen. So haben diese die Wechselrichter bis 350 kW für den europäischen Markt im Sortiment. Darüber hinaus hat dieser Hersteller Zentralwechselrichter, die für bis zu 6.8 MW ausgestattet werden können. Es sind nicht viele Einstellungen zu tätigen, um die Wechselrichter in Betrieb zu nehmen.



Bild 13: 250 kW Wechselrichter von Sungrow

Vorteile
<ul style="list-style-type: none">• Viele Erfahrungen bei Grossanlagen
<ul style="list-style-type: none">• Grosse Auswahl an Wechselrichtern
<ul style="list-style-type: none">• Einfache Inbetriebnahme
<ul style="list-style-type: none">• System mit Unterkonstruktion von Sungrow ist möglich
Nachteile
<ul style="list-style-type: none">• Hersteller aus China
<ul style="list-style-type: none">• Bei gewissen Produkten etwas wenig Datenblätter
<ul style="list-style-type: none">• Kein einfacher Support

2.4.2 Wechselrichter von Huawei

Huawei hat wie sein Konkurrent Sungrow eine grosse Anzahl an Wechselrichtern. Die Strategie richtet sich eher auf den Markt von kleineren Anlagen, dennoch hat Huawei, als einer der grössten Wechselrichterhersteller, auch ein Sortiment für grössere. Die Wechselrichter selbst sind auf dem europäischen Markt bis zu 300 kW erhältlich.



Bild 14: 300 kW Wechselrichter von Huawei

Vorteile
<ul style="list-style-type: none">• Erfahrungen mit grossen Anlagen vorhanden
<ul style="list-style-type: none">• Einfache Inbetriebnahme
<ul style="list-style-type: none">• Systeme, welche auch mit einer Batterie zusammengeslossen werden könnten
<ul style="list-style-type: none">• Online Support-Tool, um Probleme schnell beheben zu können
Nachteile
<ul style="list-style-type: none">• Hersteller aus China
<ul style="list-style-type: none">• Etwas wenig Datenblätter oder diese nicht auf Deutsch bei gewissen Wechselrichtern
<ul style="list-style-type: none">• Wenig Erfahrungen im Bereich mit Solarfloating

2.4.3 Wechselrichter von Fronius

Fronius hat Ihren Markt besonders im Bereich vom EFH und MFH. Um sich aber auch an den Markt von PV-Grossanlagen anzuschliessen wurden auch Modelle mit bis zu 100 kW dazu genommen. Fronius produziert vor allem in Österreich und kann daher im Punkt Nachhaltigkeit gegenüber andern Herstellern vorlegen. Zudem haben sie eine Niederlassung in der Schweiz, was den Support und Service im Fehlerfall vereinfacht. Derzeit besteht jedoch noch keine Erfahrung mit Solarfloating.



Bild 15: 100 kW Wechselrichter von Fronius

Vorteile
<ul style="list-style-type: none">• Hersteller aus Europa
<ul style="list-style-type: none">• Support in der Schweiz → Wechselrichteraustausch schnell und einfach
<ul style="list-style-type: none">• Einfache Inbetriebnahme
Nachteile
<ul style="list-style-type: none">• Nicht viele Erfahrungen im Bereich mit Grossanlagen
<ul style="list-style-type: none">• Keine Erfahrungen mit Solarfloating
<ul style="list-style-type: none">• Nicht viele Modelle im Bereich der Grossanlagen
<ul style="list-style-type: none">• Etwas teurer, wie andere Modelle

3. Kriterien für die Wahl des Standortes

Von oben betrachtet scheint es zunächst, dass jeder See fähig wäre, mit einer Solarfloating-Anlage ausgestattet zu werden. Schaut man jedoch genauer hin, kommen einem bei manchen Seen jedoch Zweifel auf, ob dies sinnvoll wäre. Die folgenden Faktoren spielen eine besonders grosse Rolle, um abzuschätzen, ob ein See auch wirklich für eine Solarfloating-Anlage infrage kommt.



Bild 16: Solarfloating-Anlage in Deutschland, welche den grössten Teil des Sees abdeckt.

3.1 Zugänglichkeit der Installation bzw. der Baustelle

Um eine Anlage zu bauen ist besonders relevant, dass man nicht nur die Fläche auf dem See hat, sondern auch eine solche neben dem See. Dabei muss es sich nicht um eine riesige Fläche handeln, aber dennoch genug Platz bieten können, damit man Vorbereitungen für die Installation auf dem See treffen kann. Dazu spielt es auch eine Rolle, dass diese Fläche zugänglich ist. Im besten Fall sollte man auch mit Lastwagen eine Baustelle erreichen.

3.2 Wassertiefe

Grundsätzlich ist eine Solarfloating-Anlage in jedem Gewässer machbar. Es ist aber mit grösseren Installationskosten zu rechnen, je tiefer das Wasser ist. So eignen sich vor allem auch Seen, welche nicht besonders tief sind.

3.3 Wasserfläche, die genutzt werden kann

Der See muss genug Platz bzw. Fläche bieten können, damit die Solarmodule auch Platz haben. Nur so kann man auch eine grosse Anlage errichten, die auch gut und viel erneuerbare Energie produziert.

3.4 Elektrische Anbindung

Eine Solaranlage wird in der Regel an das öffentliche Netz angebunden. Zwar kann man grundsätzlich jeden beliebigen Punkt, den man möchte, daran erschliessen, es ist aber immer mit einem grösseren Aufwand zu rechnen, je weiter man eine Anlage anbinden muss. Daher spielt die Wirtschaftlichkeit darin eine grosse Rolle und ist zu empfehlen, nah an der Anlage bereits etwas Bestehendes zu haben.

3.5 Ökologische Auswirkungen

Solarfloating-Anlagen werden gebaut, um von fossilen Energieträgern, welche Umweltschädlich sind, wegzukommen. Baut man also eine solche Anlage, sollte auch gleichzeitig das Ziel sein, die Umwelt so wenig wie möglich damit zu beeinflussen und alles möglichst so zu belassen, wie es ist. Wie so oft ist es leider nicht möglich, dass es keine Auswirkungen hat, dennoch sollte man es jedoch so klein wie möglich halten.

3.6 Rechtliche Anforderungen

Die Schweiz hat ihre Gesetze und Verordnungen auf Bundesebene, Kantonsebene und Gemeindeebene. Es kann sein, dass in einem Kanton etwas andere Anforderungen und Verordnungen in Kraft sind, wie in einem anderen. Dasselbe ist auch auf Gemeindeebene der Fall. Daher ist immer zu prüfen, wie die rechtlichen Anforderungen am jeweiligen Standort genau sind.

3.7 Nutzung des Stausees

Wird ein Stausee sehr oft genutzt, also das Wasser oft heruntergelassen, so kann dies eine Solarfloating-Anlage auf eine gewisse Dauer auch beeinflussen. Durch viel Bewegung kann die Unterkonstruktion beeinträchtigt werden oder ein Solarmodul zerschlagen.

Zur Nutzung gehört aber auch die touristische Nutzung. Ist der See auch von touristischer Bedeutung, so verliert man mit der Fläche der Anlage einen Teil, welcher für Freizeitaktivitäten hätte genutzt werden können.

3.8 Lokale Akzeptanz gegenüber Solaranlagen

Die lokale Bevölkerung spielt eine sehr grosse Rolle, wenn es um den Bau einer grossen Solarfloating-Anlage geht. Auch wenn alle Faktoren ergeben, dass sich der See eignet, kann sich die lokale Bevölkerung dagegen wehren und dafür sorgen, damit nicht gebaut wird.

3.9 Elektrizitätswerk mit genügend Ressourcen

Die Schweiz hat über 600 Elektrizitätswerke, darunter sehr grosse, wie aber auch sehr kleine. Baut man eine grosse Anlage in einem Versorgungsgebiet mit einem kleinen Werk, so überfordert man dieses Unternehmen unter Umständen auch. Da nicht genügend Ressourcen, also Erfahrung, Fachpersonal und Wissen vorhanden sein könnte, so kann die Installation einer grossen Anlage damit etwas ins Stocken geraten.

3.10 Gute Wetterbedingungen und wenig Wind

Die Anlage wird dafür gebaut, um alle Wetterbedingungen aushalten zu können. Es ist jedoch für die Langlebigkeit von grossem Vorteil, wenn das Wetter oft schön ist und rund um die Anlage wenig Wind herrscht.

4. Erfahrungen aus anderen Anlagen

4.1 Lac des Toules (Schweiz, Bourg-Saint-Pierre)

Nach der Installation hat man genauestens analysiert, wo das gute, aber auch wo das schlechte darin zu finden war. Das Projekt war definitiv eine schwierige Aufgabe, da es eine solche Anlage bisher in den Alpen noch nirgends gab.

4.1.1 Standort

Der Lac des Toules liegt im Kanton Wallis, nah an der Grenze zu Frankreich. Fährt man über den Grossen St. Bernhard Pass, so fährt man am Stausee mit der ersten und einzigen Solarfloating-Anlage vorbei. Somit ist die Anlage mitten in den Alpen.

4.1.2 Was daran gut gelaufen ist

Mit Simulationen und kleinen Pilotprojekten hat man vor Ort bereits viel analysiert.

Anhand der Daten, die diese von sich gegeben haben, konnte man bereits vor dem Bau demonstrieren, wie eine Grossanlage in dieser Region produzieren kann.

Auch hat man verschiedene Solarmodule getestet und kam auf da auf Ergebnis, dass bifaziale Solarmodule für die Anlage am sinnvollsten sein werden.

Der grosse Platz, vor dem Lac des Toules, hat sich als grosser Vorteil erwiesen. Von dort aus konnte man die Strukturen vorbereiten und danach mit dem Helikopter auf den See fliegen. Da sich neben diesem erwähnten Platz eine Hauptstrasse befindet, konnten auch die Lastwagen und Transporter, aber auch die Monteure, welche die Anlage installiert haben, den See gut erreichen.



Bild 17: Erste und bisher einzige Solarfloating-Anlage in der Schweiz auf dem Lac des Toules



Bild 18: Installation auf dem See

4.1.3 Was verbesserungswürdig ist

Nachdem man die ganze Anlage ins Wasser gelassen hat, erfolgte die Fertigstellung der DC-Verkabelung. Dabei zeigte sich ein grosser Fehler. Die Strings waren falsch verlegt. Dadurch war die Verstringung wesentlich komplexer als erwartet und nahm mehr Zeit in Anspruch als geplant, da man nun vom See aus Anpassungen erstellen musste. Darüber hinaus hat die Arbeit auf dem Wasser ein zusätzliches Risiko für die Arbeitskräfte dargestellt. Da die Anzahl der Solarmodule pro schwimmender Struktur nicht der optimalen Kapazität eines Strings entspricht, bestehen einige Strukturen aus drei unvollständigen Strings.

Für den Betrieb der Anlage wurden bisher zwei Inspektionen mit einer Wärmebildkamera durchgeführt. Es kam heraus, dass vereinzelte Module bereits gebrochen waren. Der Schnee hat zu einer extrem hohen Last auf den Modulen geführt und diese stark beschädigt. Nun hat man das Problem, dass der verwendete Modultyp nicht mehr verfügbar ist. Es wird bereits versucht, die Module zu rekonstruieren, sodass man wieder mehr produzieren kann. Es wäre aber zu empfehlen, dass man Solarmodule auf Reserve für eine solche Anlage hat.

Da es sich dabei um ein Pionierprojekt handelt, war leider zu erwarten, dass es Herausforderungen und Probleme an der Anlage geben wird. Wichtig ist, dass anhand dieser Anlage richtig analysiert wird und diese Probleme künftig nicht mehr auftauchen.

4.1.4 Das Interview

Die Romande Energie wurde für ein Interview angefragt (siehe Anhang 3). Leider wurden die Fragen bis zum Abschluss dieser Diplomarbeit nicht beantwortet. Dennoch wurde eine Internetseite, wie auch ein Erfahrungsbericht empfohlen, in welchem bereits viel herauszunehmen ist:

Kopiert aus: <https://energieaplus.com/2023/06/14/une-centrale-flottante-appellee-a-grandir/?translateto=de>

Das Pilotprojekt ist nun abgeschlossen, welche Schlussfolgerungen können Sie ziehen?

Wir sind insgesamt mit der Anlage und ihren Ergebnissen zufrieden. Es wurden mehrere Verbesserungsmöglichkeiten aufgezeigt. Das derzeitige Konzept der schwimmenden Struktur ist nicht geeignet, um die Stabilität des vorhandenen Geländes für ein Grossprojekt mit langer Lebensdauer zu gewährleisten. Ein weiterer Punkt, der angemerkt wurde, ist die Komplexität des Verankerungssystems in Verbindung mit der Höhe des Tidenhubs (Veränderung des Seepegels im Laufe der Zeit).

Wie ist das Feedback zur Produktion des Kraftwerks Les Toules?

Eine erste Pilotanlage, die 2013 an Land in der Nähe des Sees errichtet wurde, liess unter idealen Bedingungen eine um fast 50 % höhere Produktion im Vergleich zu einer Anlage im Flachland erwarten. Seit ihrer Inbetriebnahme hat die Anlage auf dem Wasser rund 30 % mehr produziert als eine Anlage in der Ebene. Dieses Ergebnis ist sehr erfreulich und vielversprechend, zumal es eine Einschränkung der Winterproduktion beinhaltet, die zu Lasten der jährlichen Gesamtproduktion geht. Wir konnten auch einige Unzulänglichkeiten in der Konstruktion aufdecken, die zu Schattierungen oder Schneeverwehungen führten. Diese waren aufgrund des grossen Unterschieds zwischen der stationären Pilotanlage und dem Demonstrator nicht vorhersehbar gewesen. Diese Erkenntnisse ermöglichen es uns heute, das Design eines grossen Solarparks zu optimieren. Die Produktion könnte sich dem theoretischen jährlichen Zuschlag von 50 % annähern, ohne eine Optimierung im Winter, die den jährlichen Zuschlag leicht senken würde, aber eine höhere Produktion zwischen Oktober und März ermöglichen würde.

Die Anlage hat nun mehrere Winter auf dem See verbracht. Wie gut kommt sie mit dem rauen Alpenklima zurecht?

Insgesamt kommt die Anlage mit den alpinen Bedingungen gut zurecht. Die Schneeräumung wird durch die gute Neigung der PV-Module und die bifaziale Charakteristik gewährleistet, abgesehen von den Tagen mit sehr geringer Sonneneinstrahlung um die Wintersonnenwende. Aber wie bereits erwähnt, wurden die Effekte der Verlagerung von Schneemassen mit dem Wind (Schneeverwehungen) unterschätzt. Sie führten dazu, dass die erwartete Schneelastkapazität der PV-Module mehrfach überschritten wurde, was zu Schäden an mehreren PV-Modulen führte.

Beabsichtigt Romande Energie, weitere Paneele an anderen Orten zu installieren?

Der Wille, diese Technologie auf anderen Seen in der Schweiz und im Ausland zu duplizieren, ist erwiesen. Wir sind diesbezüglich mit mehreren Unternehmen im Gespräch. Neben dem Projekt am Lac des Toules wird derzeit ein zweites Projekt geprüft. Der grosse Park wird so entwickelt, dass er standortunabhängig ist und dann eine Replikation auf anderen Stauseen ermöglicht.

Zunächst müssen jedoch die technische Konzeption und anschliessend die wirtschaftlichen Aspekte einer solchen Infrastruktur validiert werden. Auch wenn das Projekt in Les Toules unter die Solarinitiative (Art. 71a EnG) fallen könnte, ist die Rentabilität ohne diese Subvention noch nicht gesichert. Es müssen noch Optimierungen vorgenommen werden. Wir arbeiten sehr aktiv daran, denn das theoretische Produktionspotenzial dieser Technologie ist sehr interessant, selbst wenn man nur künstliche Wasserflächen (insbesondere Stauseen) berücksichtigt.

4.2 Alqueva Stausee (Portugal, Alqueva)

Weltweit werden Solarfloating-Anlagen errichtet. In der Regel auf Seen, die im Flachland liegen, wenig Wind herrscht und sich auch der Wasserpegel nicht ständig ändert. Anders dies aber auf dem Alqueva Stausee in Portugal.

4.2.1 Standort

Der Alqueva Stausee liegt nah am Dorf Alqueva selbst. Er hat eine Fläche von 85 Quadratkilometern und liegt im Süd-Osten Portugals.



Bild 19: Installation auf dem Alqueva Stausee

4.2.2 Was daran gut gelaufen ist

An dieser Anlage sticht besonders heraus, dass sie nah an der Staumauer errichtet wurde. Damit konnte man den Anschluss der Wasserkraft sozusagen mitnutzen und musste keine neuen Leitungen und Trafostationen nur für diese Anlage realisieren. Zudem hat man in diesem Projekt Kork benutzt, mit welchem diese Anlage auf dem See schwimmt. Durch die grosse Fläche des Sees stört die Anlage kaum und kann erneuerbaren Strom liefern.

4.2.3 Was verbesserungswürdig ist

Würde der See komplett entleert werden, so ist die Solarfloating-Anlage in Gefahr. Da dies nicht eintreffen sollte, hat man die Konstruktion nicht darauf angepasst. Sollte dies dennoch einmal geschehen, so würden einige Komponenten kaputtgehen.

4.3 Pilotprojekt „Merganser“ (Niederlande, Offshore)

Photovoltaik-Anlagen können nicht nur auf Seen installiert werden, sondern auch auf dem Meer. So ist man mit einem Pilotprojekt daran, Erfahrungen auf diesem Gewässer zu sammeln, um allenfalls weitere Anlagen zu errichten.



Bild 20: Solarfloating-Anlage auf dem offenen Meer

4.3.1 Standort

Das Pilotprojekt Merganser liegt nah an einem Offshore-Windpark und wurde vor der niederländischen Küste errichtet. Auch da ist das Ziel, 2 erneuerbare Energien zusammenzubringen. In diesem Fall nicht die Solarenergie mit der Wasserkraft, sondern die Solarenergie mit der Windenergie.

4.3.2 Was daran gut gelaufen ist

Die Anlage ist erst im Juli 2024 vollständig in Betrieb genommen worden. Es gibt daher noch nicht viele Erkenntnisse, aber von denen, die bereits ersichtlich sind, sind es viel Positive. Die Plattform schwebt mehrere Meter über dem Wasser und wird daher nicht wirklich nass. Die Anlage hat als erste die Zertifizierung für eine schwimmende Offshore-Solaranlage erhalten. Die RWE, als Betreiber der Anlage, ist bereits jetzt am überlegen, weitere solche Anlagen zu bauen

4.3.3 Was verbesserungswürdig ist

Dieses Projekt wird viele Erkenntnisse geben, ob und wie eine solche Anlage möglich ist. Diese Erkenntnisse werden jedoch kaum geteilt, da man dies wohl derzeit noch für sich behalten möchte. Die Informationen, was man wie verbaut hat und weshalb, sind sehr rar und wohl nur für die Installateure und Investoren ersichtlich.

5. Rechtliche und regulatorische Anforderungen

Die Schweiz ist ein Land mit viel Bürokratie. Es ist nicht einfach, gewisse Bauten zu erstellen, da es jeweils auch ein Einsprache geben kann oder der Bau, welchen man realisieren möchte, nicht den Normen und der Gesetzgebung entspricht. Auch im Fall einer Solarfloating-Anlage schaut man genau hin und kann diese nicht einfach so bauen. Zwar wird sich dahin wohl künftig noch einiges ändern, dennoch wird es wohl nie nur ein vereinfachtes Meldeverfahren geben, wie die bei Hausdächern der Fall ist.

5.1 Die Genehmigung der Anlage auf dem Lac des Toules

Die Anlage auf dem Lac des Toules hat gezeigt, dass eine Solarfloating-Anlage in der Schweiz auch wirklich möglich ist und realisiert werden kann. Im März 2017 wurde dazu das ein Baugesuch im Rahmen eines Plangenehmigungsverfahrens eingereicht. Das Gesuchsdossier enthielt einen technischen Bericht der Anlage, wie auch eine Studie zur Umweltverträglichkeit. Es brauchte aber eine Sondergenehmigung für einen technischen Eingriff. Die Genehmigung wurde am 05.09.2017 erteilt.

Durch die Anwesenheit des Staudamms wird die schwimmende Anlage als Nebenanlage im Sinne der Stauanlagenüberwachungsverordnung betrachtet. Sie muss daher genug überwacht werden, um die Sicherheit der Stauanlage und all derer Komponenten zu gewährleisten.

Für die Betriebsphase wurde mit dem Betreiber des Staudamms ein monatliches Überwachungskonzept erarbeitet. Dieses wird im Jahresbericht des Staudamms festgehalten. Es basiert auf einem Kontrollblatt, das insbesondere die Aspekte der schwimmenden Struktur, der Festmacher und Verankerungen sowie den Zustand der Strandungsplattform ebenso wie des Ufers der Dranse bei niedrigem See abdeckt.

Das BFE, vertreten durch die Sektion Staudammaufsicht, beantragte, die Arbeiten vor Ort abzunehmen. Das gesamte Überwachungskonzept wurde ihnen zur Genehmigung vorgelegt.

6. Förderungen von Photovoltaikanlagen

Jede Photovoltaikanlage in der Schweiz wird derzeit vom Bund gefördert. Es ist jedoch jeweils abhängig, um was für eine Anlage es sich handelt. So werden kleine Anlagen anders gefördert wie grosse. Zudem gibt es noch einen Bonus, falls sich die Anlage über 1500 Meter über Meer befindet oder ob es sich um eine Fassadenanlage handelt. Eine grosse Solarfloating-Anlage kommt derzeit in den Bereich der Grossanlage von über 150 kW, falls diese über 1500 Meter über Meer ist, kommt dann noch ein Bonus dazu.

		EINMALVERGÜTUNG		BONI			
		2 kW	30 kW	100 kW	150 kW	Winkel $\geq 75^\circ$	Höhe $\geq 1500m$ P ≥ 150 kW
		Leistung <100 kW		Leistung ≥ 100 kW		Neigung	Höhe ü.M.
Mit/ohne Eigenverbrauch	Angebaut	KLEIV angebaut max. 30%*		GREIV angebaut max. 30%*		Neigungs-winkelbonus angebaut / freistehend	Höhenbonus (ausserhalb von Bauzonen und von Gebäuden)
	Integriert	KLEIV integriert max. 30%* = KLEIV angebaut +10%					
Ohne Eigenverbrauch	Angebaut	Hohe EIV max. 60%*		Hohe EIV max. 60%* Auktionen		Neigungs-winkelbonus angebaut / freistehend	Höhenbonus (ausserhalb von Bauzonen und von Gebäuden)
	Integriert						
		Alpine EIV max. 60%**					

* der Investitionskosten von Referenzanlagen
** der individuellen Investitionskosten

Bild 21: Förderungstabelle von Photovoltaikanlagen in der Schweiz

6.1 Förderung mit Einmalvergütung

Einerseits gibt es für eine Solarfloating-Anlage die Möglichkeit einer Einmalvergütung, in welcher ein einmaliger Betrag bezahlt wird. Dieser Betrag ist abhängig von der Leistung, welche die Anlage produziert, also genauer gesagt der kWp. Je mehr Leistung, desto mehr Fördergelder für eine Anlage. Darin unterschieden wird die kleine Einmalvergütung und die grosse Einmalvergütung. Für eine Anlage über 100 kWp werden mindestens CHF 270.- vom Bund als Leistungsbeitrag bezahlt.

2.9 Für angebaute und freistehende Anlagen, die ab dem 1. Januar 2023 in Betrieb genommen wurden, gelten die folgenden Ansätze:

	Leistungsklasse	1.1.2023–31.03.2024	Ab 1.4.2024
Grundbeitrag (Fr.)	2–5 kW	200	0
	>5 kW	0	0
Leistungsbeitrag (Fr./kW)	<30 kW	400	380
	30–<100 kW	300	300
	≥ 100 kW	270	270

Bild 22: Effektive Förderbeiträge vom Bund

6.2 Förderung mit PV-Auktion

Seit 2023 ist es für grosse Anlagen möglich, also solchen, mit mehr als 150 kWp, an einer PV-Auktion teilzunehmen. Wichtig dabei zu wissen ist, dass die Anlage nicht für den Eigenverbrauch installiert werden darf. Wird also die Anlage auf einer Fabrik installiert, welche den Strom selbst nutzen will, ist diese Art von Förderung nicht möglich. Baut man jedoch eine Solarfloating-Anlage, kann man es mit dieser Art von Förderung versuchen. Jedes Jahr gibt es 4 Auktionstermine, bei

welchen ein Gebot in CHF/kW angegeben werden kann. Das Projekt dafür muss grundsätzlich geplant sein, darf aber noch gebaut werden. Das Höchstgebot lag am Anfang dieser Auktionen bei 650CHF/kW. Da es sich um eine Auktion handelt, kann man den Betrag aber nicht von Beginn an wissen. Es hat aber auch schon manche Projekte gegeben, die für 600 CHF/kW installiert wurden und man damit einiges mehr erhalten hat, wie in der normalen Einmalvergütung.

6.3 Einmalvergütung für grosse alpine Photovoltaikanlagen

Alpine Solaranlagen, also solche, die über 1500 Meter über Meer gebaut wurden, werden vom Bund noch mehr gefördert. Jeweils CHF 250.- werden pro kW Leistung noch bezahlt. Baut man also eine Solarfloating-Anlage hoch in den Alpen, so kann man sich auch diese Förderung noch zunutze machen.

6.4 Die Förderung in der Zukunft

Die Fördergelder sind in der Energieförderungsverordnung (EnFV) geregelt. Dadurch, dass sie eine Verordnung ist, kann sie schnell angepasst werden. Dies zum Vor-, aber auch zum Nachteil einer grossen Photovoltaikanlage. Derzeit ist ungewiss, wie die Förderung der Zukunft aussehen wird. Es ist jedoch möglich, dass solche Förderbeiträge nicht mehr allzu lang vorhanden sein werden.

7. Meine Anlagenkonzepte

Es wurden für ein Anlagenkonzept mehr als 20 Stauseen in der Schweiz vor allem nach deren Kriterien im Kapitel 3 geprüft. Viele hatten den Nachteil, über wenig Freifläche neben dem See zu verfügen oder die Zugänglichkeit im Allgemeinen war nicht gegeben. Auch wurde die natürliche Schönheit des Sees beachtet und es wurde geschaut, dass eine Anlage nicht zu viel beeinträchtigen würde. Aus den 2 besten Seen entstanden 2 Anlagenkonzepte, bei denen man das Potential für eine Schweizer Solarfloating-Anlage am ehesten gesehen hat. Auch diese können Nachteile aufweisen, es bietet jedoch jeder auch eine Menge Vorteile, um nutzbar sein zu können.

7.1 Sihlsee (Kanton Schwyz)

7.1.1 Standort

Der Sihlsee liegt in der Zentralschweiz, nah an der bekannten Stadt Einsiedeln, welche auch für sein Kloster sehr bekannt ist. Der Sihlsee bietet eine Menge Vorteile und wurde aus folgenden Gründen für ein Anlagenkonzept dieser Arbeit ausgewählt:

- Rund um den See gibt es viele freie Flächen, die zu Vorbereitungen zur Installation dienen können. (3.1)
- Der Sihlsee ist an der tiefsten Stelle gerade einmal 33 Meter tief. (3.2)
- Mit 10.72 km² ist es der flächenmässig grösste Stausee der Schweiz. (3.3)
- Es befinden sich rund um den See immer wieder Dörfer, welche gut an das öffentliche Netz angebunden sind. (3.4)
- Der Stausee wird selten komplett geleert und muss zwischen Anfang Juni bis Ende Oktober einen definierten Wasserpegel halten. (3.7)
- Rund um den See wurden bereits einige Solaranlagen auf Hausdächern errichtet. In der Bevölkerung gibt es daher einige Erfahrungen mit Solaranlagen und so steigt auch etwas die Akzeptanz. (3.8)

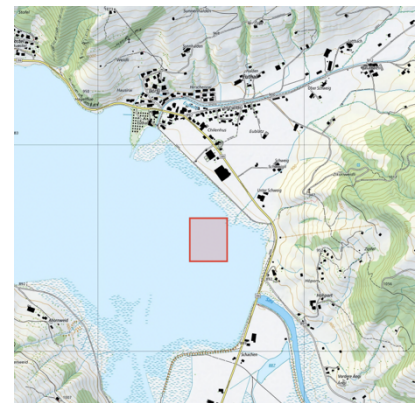


Bild 23: Anlagenstandort Sihlsee

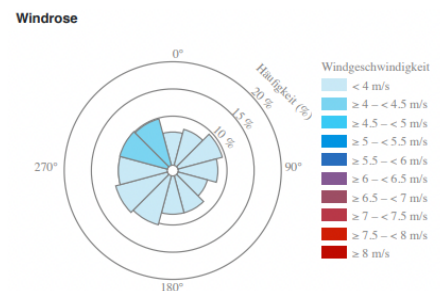


Bild 24: Der Wind kommt von allen Seiten, ist auf das ganze Jahr gesehen nie wirklich stark

Solarfloating auf einem Schweizer Stausee

- Die Region liegt im erweiterten Versorgungsgebiet des «Elektrizitätswerks des Kantons Zürich» (EKZ). Diese haben auch die nötigen Ressourcen, um auf eine solche Anlage zu reagieren. (3.9)
- Die Region ist eher windstill und auch das Wetter ist in der Regel nicht sehr unbeständig. (3.10)
- Neben dem See gibt es viele Strassen, die auch für den Weg zur Baustelle genutzt werden können. Der Zugang ist also gut gegeben.

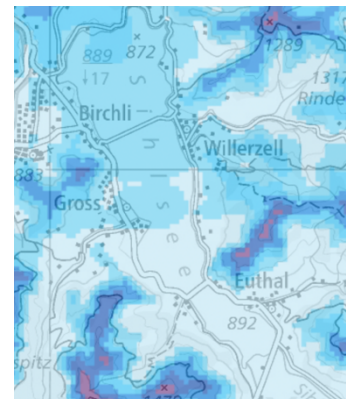


Bild 25: Der Wind am Anlagenstandort ist nie wirklich stark

Zusätzliche Nutzung der Staumauer

Die Staumauer am Sihlsee eignet sich nicht für eine Photovoltaikanlage. Er liegt an einer Stelle, an welcher die Sonne nur schwer herankommt, da es rundherum Wald hat. Zusätzlich ist die Mauer selbst sehr nass und auch nicht wirklich eben. Dies würde es einer Unterkonstruktion noch schwieriger machen und könnte eventuell auch für die Kabel schlechte Folgen haben. Somit liegt der Fokus an der Solarfloating-Anlage.



Bild 26: Staumauer am Sihlsee

7.1.2 Risiken und Gefahren

Um die Anlage auch bauen zu können, gibt es in dieser Region auch einige Risiken und Gefahren. Dabei sind folgende besonders aufgefallen:

- Bevölkerung mit Seesicht, daher eine erhöhte Möglichkeit auf eine Einsprache.
- Auf dem See gibt es auch kleinere Boote, die durch eine Anlage beeinflusst werden können.
- Die Anlage liegt nah an einem Naturschutzgebiet, so muss man detailliert mit den Behörden zusammenarbeiten, um den Naturschutz gewährleisten zu können.
- In der Region kann es aufgrund des Materialtransportes zu Verkehrsbehinderungen kommen.
- Die Bevölkerung könnte sich im Allgemeinen dagegen wenden, um den Bau zu verhindern.
- Der See liegt nicht hoch in den Alpen, daher ist das Wetter ähnlich wie im Mittelland und auch öfters bedeckt.



Bild 27: Viele Häuser mit Sicht auf den Sihlsee

7.1.3 Komponenten

Wechselrichter

Als Wechselrichter wurde für dieses Konzept dieser von Sungrow ausgewählt. Sungrow hat bereits einige Erfahrungen bei Solarfloating, aber auch im Allgemeinen bei Grossanlagen. Die Inbetriebnahme ist bei diesem Hersteller einfach gehalten. Zudem sind die Wechselrichter etwas günstiger gehalten, was die Wirtschaftlichkeit etwas verbessern würde

Solarmodule

Als Solarmodul für dieses Konzept, wurde das Trina Vertex S+ TSM Bifacial Doppelglas 455 Wp verwendet. Trina Vertex ist bereits einer der grössten Hersteller der Welt. Die Module sind günstiger, wie etwa die Module von Meyer Burger. Daher ist es aus Gründen der Wirtschaftlichkeit, zu dieser Auswahl gekommen.

Unterkonstruktion

Da der See im Winter immer wieder geleert wird, kommt daher vor allem die Unterkonstruktion von K2 infrage. In diesem System liegen die Module stabil auf der Konstruktion und dies auch dann, wenn der See komplett geleert wird und diese bereits im einer alpinen Region installiert wurde.

Erläuterungen zur Wahl der Komponenten unter Anhang 8

Grobe Materialliste dieses Anlagenkonzeptes

2400x	Solarmodule Trina Vertex S+ TSM Bifacial Doppelglas 455 Wp
4x	Wechselrichter Sungrow 250 kW
720x	Schwimmkörper der Unterkonstruktion
60x	Unterkonstruktionen für jeweils 40 Solarmodule
1x	Plattform für Wechselrichter
8500m	DC-Kabel Plus
5000m	DC-Kabel Minus
300x	DC-Stecker Plus
300x	DC Stecker Minus
3000m	Einzeladern AC Kabel 300mm ²

7.1.4 Planung

Geplant ist eine Plattform mit 2400 Solarmodulen. Diese Grösse wurde so bestimmt, dass die Anlage auch nicht zu viel Platz einnimmt und dennoch eine grosse Produktion möglich wird. Die Anlage wurde nah am Dorf Euthal gesetzt. In dieser Region ist das Wasser nicht besonders tief. Nah an der geplanten Stelle liegt eine Fabrik, welche selbst bereits einen eher hohen Stromverbrauch hat. So muss man keine weiten Leitungen ziehen, um die Anlage zu erschliessen. Zudem ist der hintere Teil vom See eher windstill und bietet daher optimale Bedingungen, um eine Solarfloating-Anlage zu errichten.

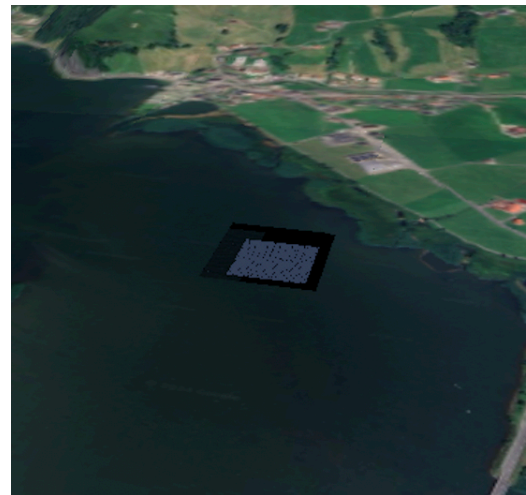


Bild 28: Geplante Solarfloating-Anlage auf dem Sihlsee

Anlagengrösse: 1092 kWp

7.1.5 DC-Verkabelung

Zur DC-Verkabelung wurde ein Drittel vermessen, um die Leitungslängen herauszufinden. Nach der Vermessung wurde dieser eine Drittel, welcher wohl ziemlich genau herankommt, noch mit 3 multipliziert. Es ist herausgekommen, dass für die 150 Stränge, die im Plan jeweils verschiedene Farben haben, 8'167.6

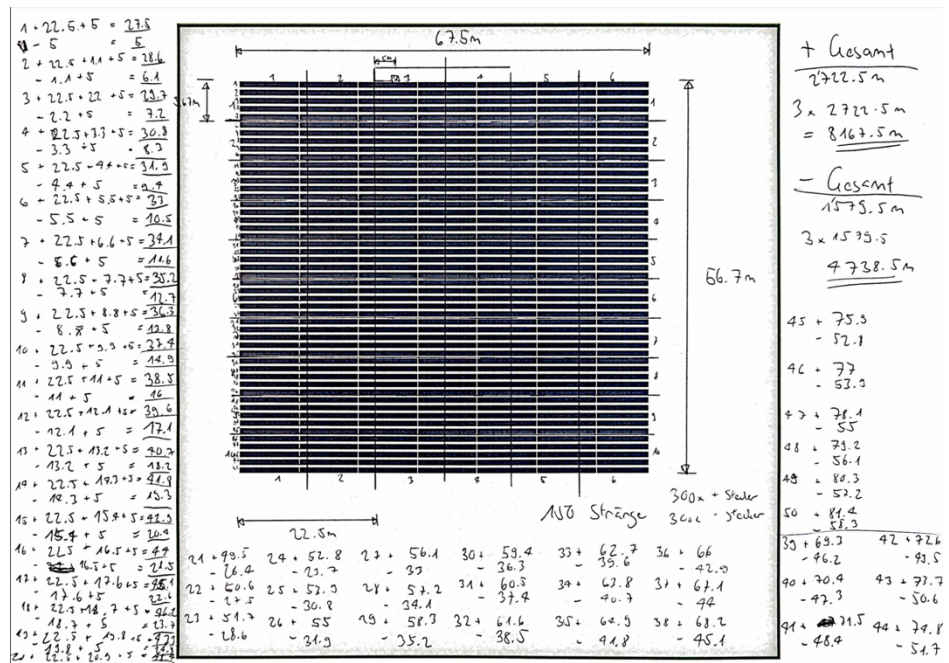


Bild 29: Berechnung der Leitungslängen der DC-Kabel

8'167.6 Meter Pluskabel und 4'738.5 Meter Minuskabel verwendet werden muss. Da man die Kabel nicht genau in dieser Länge bestellen kann, sondern nur in 500 Meter Bobinen, wurden in der Materialliste beim Pluskabel 8'500 Meter und beim Minuskabel 5'000 Meter aufgelistet. Damit

Solarfloating auf einem Schweizer Stausee

kommt man auf eine Gesamtlänge von 13'500 Meter, also 13.5 km an DC-Kabel, die bestellt werden müssten.

Die DC-Verkabelung wurde wie auf dem nebenstehenden Bild ersichtlich geplant. Es werden jeweils 16 Module pro String zusammengenommen. Dadurch, dass man auf einer ganzen Reihe 48 Module hat, muss man nicht in eine andere Reihe verstringen. Bei einer Störung der Anlage kann man damit effizienter den Fehler suchen und beheben. Bei der Installation bietet diese Möglichkeit aber auch Vorteile. Durch die Unterkonstruktion von K2, welche aus verschiedenen Strukturen besteht, kann man so auf der Landseite die Strukturen einzeln vorbereiten, verstringen und danach wie auf dem Lac des Toules mit Helikoptern auf den See bringen.

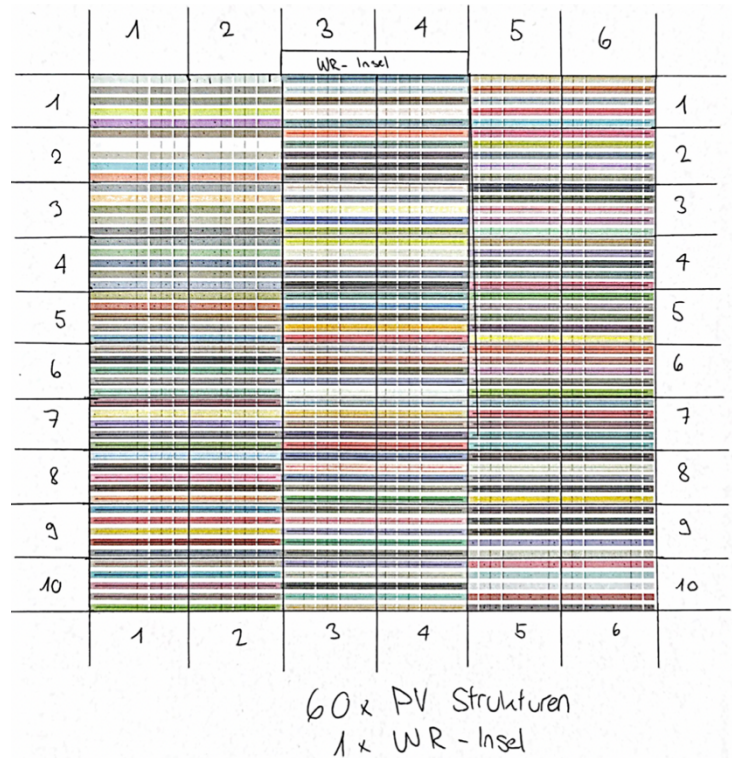


Bild 30: 60 einzelne Strukturen die auf dem See zusammengefügt werden.

7.1.6 AC-Verkabelung

In der Nähe der Anlage liegt bereits eine Trafostation. Ziel ist es, die Erschliessung an diese zu realisieren. Der Weg von den Wechselrichtern an diese beträgt ungefähr 150 Meter. Somit wird gerechnet, dass für jeden Wechselrichter 5 Einzeladern mit der Länge von 150 Metern verwendet werden muss. Damit kommt man auf eine Gesamtlänge von 3000 Meter Kabel mit Querschnitt 300mm².



Bild 31: Verkabelung zur Trafostation

7.1.7 Realisierung

Neben der Anlage, wo auch eine Fabrik liegt, gibt es eine grosse Wiese. Diese kann man sich zunutze machen und die Strukturen der Unterkonstruktion einzeln vorbereiten. Durch den grossen Platz kann man auch bereits das ganze Material an diese Stelle liefern, damit die Installation effizienter gestaltet werden kann. Auch neben diesem Platz führt eine grosse Strasse hindurch. Der Transport der Komponenten sollte daher gut gewährleistet werden können

7.1.8 Erwartete Produktion der Anlage

Die Produktion der Anlage wurde anhand Polysun, welche Messwerte in der ganzen Schweiz hat, errechnet. Dabei kamen folgende Messwerte heraus:

Januar:	42.546,20 kWh	Juli:	162.476,40 kWh
Februar:	66.354,50 kWh	August:	143.356,70 kWh
März:	111.960,30 kWh	September:	112.203,60 kWh
April:	144.560,00 kWh	Oktober:	77.093,60 kWh
Mai:	161.176,00 kWh	November:	45.954,90 kWh
Juni:	168.073,50 kWh	Dezember:	38.333,30 kWh

Erwartete Gesamtproduktion auf ein Jahr: **1.274.089,00 kWh** **Anlagengrösse: 1092 kWp**

Anhand vom Horizont wird ersichtlich, dass die Anlage besonders im Sommer, aber dennoch auch im Winter gut produzieren kann. Durch die Berge, die sich um den See befinden, würde die Solarproduktion wohl aber früher abgeschnitten werden, wie das im Flachland der Fall wäre.

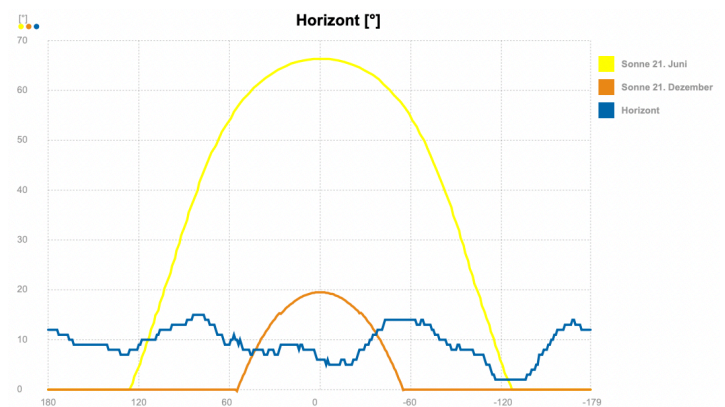


Bild 32: Horizont für die Anlage

Die Produktionslinie zeigt den Unterschied von Sommer und Winter noch deutlicher. Auch in den Wintermonaten lässt es sich gut produzieren, jedoch nicht annähernd so viel wie im Sommer möglich ist.

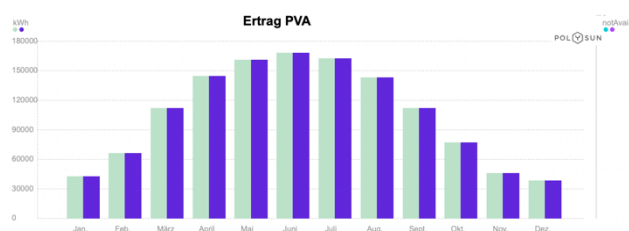


Bild 33: Ertrag der Anlage anhand Messdaten

7.1.9 Wirtschaftlichkeit

Preis der Anlage

Aufgrund fehlender Angaben von einigen Herstellern wird der Preis der Anlage auf dem Sihlsee anhand der Referenzanlage auf dem Lac des Toules berechnet. Die Anzahl der verbauten Solarmodule können einen hohen Stellenwert für eine Schätzung haben, da je mehr von diesen verbaut wurden, man auch mehr Material für die Unterkonstruktion braucht, mehr Verkabelung notwendig ist und mehr Wechselrichter, bzw. mehr Leistung der Wechselrichter genutzt werden müssen.

	Lac des Toules	Anlagenkonzept Sihlsee
verbaute Module	1400 Solarmodule	2400 Solarmodule
Gesamtpreis	CHF 2'400'000.-	CHF 4'114'285.-*

*Dies ist eine Schätzung

Einmalvergütung und PV Auktion

Einmalvergütung: CHF 300'293.85

Basisdaten der Anlage						Vergütungsdetails	
Leistung in kWp*	Datum Inbetriebnahme*	Art des Anlagenbaues*	Neigungswinkel ≥ 75 Grad	Höhenbonus ab 1500m	kein Eigenverbrauch		
1'092.00	01.11.2024	Freistehend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Grundbeitrag	0.00
						Leistungsbeitrag	300'239.85
						Neigungswinkelbonus	0.00
						Höhenbonus	0.00
						Förderbeitrag (unverbindlich)	300'239.85 CHF

Bild 34: Einmalvergütung, welche man für diese Anlage erhalten würde.

Geschätzter Gesamtpreis abzüglich Einmalvergütung: CHF 3'813'991.15

Teilnahme an PV-Auktion: Annahme CHF 600.-/kWp

Bei 1092 kWp: CHF 655'200.-

Geschätzter Gesamtpreis abzüglich Förderung PV Auktion: CHF 3'459'085.-

Es ist derzeit zu empfehlen, für eine Grossanlage die Förderung mit PV Auktion zu wählen. Auch wenn man den Betrag von CHF 600.-/kWp nicht ganz erreicht, erhält man immer noch mehr Fördergelder wie bei der Einmalvergütung. Ein Nachteil wäre nur, dass man über 15 Jahre kein Eigenbedarf an der Anlage haben kann. Würde bedeuten, falls in diesen 15 Jahren eine Batterie wirtschaftlich an die Anlage angeschlossen werden könnte, würde es dennoch untersagt werden seitens Pronovo.

Wirtschaftlichkeitsberechnung mit Einmalvergütung

Ertrag ohne Einspeisevergütung (inkl. MWST)		Vergütungsdauer von/bis		01.08.24	31.07.49	Rücklieferung	195'656 Sfr./Jahr	eingesparter Betrag
							Sfr./Jahr	
							Sfr./Jahr	
		Ø Ertrag					195'656 Sfr./Jahr	
Ertrag mit Einspeisevergütung (inkl. MWST)		Leistungsklasse	Grösse (kWp)		Tarif (Sfr./kWh)	Rücklieferung		eingesparter Betrag
		≤ 10 kWp						
		≤ 30 kWp						
		≤ 100 kWp						
		≤ 1000 kWp						
		> 1000 kWp						
		Ø Einspeisevergütung (bezogen auf Vergütungsdauer)					Sfr./Jahr	
Kennzahlen		(bezogen auf die Anlagen-Lebensdauer)		Ø Jahresenergieertrag		1'248'140 kWh/Jahr		
				Ø Jahresertrag		194'916 Sfr./Jahr		(Einspeisevergütung und eigener Tarif)
				Ø eingesparter Betrag		0 Sfr./Jahr		
				Ø MWST-Umsatzsteuer		0 Sfr./Jahr		(Umsatzsteuer auf den Rücklieferung-Erträgen)
				Ø MWST-Vorsteuer		0 Sfr./Jahr		(Vorsteuerabzug auf den spezifischen Betriebs- und Unterhaltskosten)
				Ø Unterhaltsaufwand		11'995 Sfr./Jahr		
				Ø Eigenkapitalkosten		184'332 Sfr./Jahr		(Amortisation + Zinsen)
				Ø Fremdkapitalkosten		0 Sfr./Jahr		(Amortisation + Zinsen)
				Ø Nettoertrag		-1'410 Sfr./Jahr		
		Kapitalwert (NPV)		(Nettogegenwert)		-46'433 Sfr.		
		Payback		(dyn. Amortisationsrechnung)		n/a Jahre		
		kWh-Kosten		(Gehaltskosten)		0.157 Sfr./kWh		

Bild 35: Anlage mit Einmalvergütung ist derzeit nicht rentabel und wirtschaftlich

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung ist stark abhängig vom Kalkulationszinssatz. Standardmässig wurde dieser von Swissolar auf 1.5 % gesetzt. Wählt man jedoch einen tieferen, so ist das Projekt in der Berechnung schnell viel wirtschaftlicher.

Mit der Einmalvergütung wäre anhand der Berechnungen eine Solarfloating-Anlage auf dem Sihlsee leider nicht wirtschaftlich. Über die Anlagendauer von 25 Jahren würde die Anlage ein Verlust von CHF 46'433.- machen. Falls die Anlage aber nur ein Jahr mehr produzieren würde, also 26 Jahre, so wäre es dann wieder wirtschaftlich.

Wirtschaftlichkeitsberechnung mit PV Auktion

Ertrag ohne Einspeisevergütung (inkl. MWST)		Vergütungsdauer von/bis		01.08.24	31.07.49	Rücklieferung	195'656 Sfr./Jahr	eingesparter Betrag
							Sfr./Jahr	
							Sfr./Jahr	
		Ø Ertrag					195'656 Sfr./Jahr	
Ertrag mit Einspeisevergütung (inkl. MWST)		Leistungsklasse	Grösse (kWp)		Tarif (Sfr./kWh)	Rücklieferung		eingesparter Betrag
		≤ 10 kWp						
		≤ 30 kWp						
		≤ 100 kWp						
		≤ 1000 kWp						
		> 1000 kWp						
		Ø Einspeisevergütung (bezogen auf Vergütungsdauer)					Sfr./Jahr	
Kennzahlen		(bezogen auf die Anlagen-Lebensdauer)		Ø Jahresenergieertrag		1'248'140 kWh/Jahr		
				Ø Jahresertrag		194'916 Sfr./Jahr		(Einspeisevergütung und eigener Tarif)
				Ø eingesparter Betrag		0 Sfr./Jahr		
				Ø MWST-Umsatzsteuer		0 Sfr./Jahr		(Umsatzsteuer auf den Rücklieferung-Erträgen)
				Ø MWST-Vorsteuer		0 Sfr./Jahr		(Vorsteuerabzug auf den spezifischen Betriebs- und Unterhaltskosten)
				Ø Unterhaltsaufwand		11'995 Sfr./Jahr		
				Ø Eigenkapitalkosten		167'504 Sfr./Jahr		(Amortisation + Zinsen)
				Ø Fremdkapitalkosten		0 Sfr./Jahr		(Amortisation + Zinsen)
				Ø Nettoertrag		15'417 Sfr./Jahr		
		Kapitalwert (NPV)		(Nettogegenwert)		298'062 Sfr.		Investition ist sehr rentabel
		Payback		(dyn. Amortisationsrechnung)		23 Jahre		
		kWh-Kosten		(Gehaltskosten)		0.144 Sfr./kWh		

Bild 36: Mit der PV Auktion, kann eine Solarfloating-Anlage wirtschaftlich werden

Mit dem Beitrag der PV Auktion ist eine Anlage auf dem Sihlsee über die Lebensdauer von 25 Jahren wirtschaftlich. Über diese Dauer erzielt man einen Gewinn von CHF 298'062.- und hat die Anlage innert 23 Jahren amortisiert.

7.1.10 Genehmigungen

Baugesuch

Laut dem Bauamt des Bezirks Einsiedeln wäre eine Ausnahmegenehmigung innerhalb des Gewässerraums notwendig, damit man die Anlage genehmigt bekommt. Im Gewässerschutzgesetz wird geregelt, was im Gewässerraum möglich ist und was nicht. Zusätzlich wird das Landschaftsbild durch die Anlage beeinträchtigt. Laut Bauamt wäre daher mit einer Einsprache zu rechnen.

Da es sich um eine grössere Anlage handelt, würde die Anlage ein zweistufiges Planungsverfahren durchlaufen. Betroffene Behörden sind dabei der Kanton und der Bezirk. Von diesen würde es auf jeden Fall auch viele Auflagen geben.

Installationsbewilligung

Eine Installationsbewilligung und ein technisches Anschlussgesuch des Verteilnetzbetreibers ist hier Pflicht. Nach Abschluss der Arbeiten ist jede Anlage noch zu prüfen. Dies zunächst vom Installationsbetrieb und danach von einer unabhängigen akkreditierten Person, da es sich um eine Grossanlage handelt.

7.2 Lac des Dix (Kanton Wallis)

7.2.1 Standort

Der Lac des Dix liegt im Süden vom Kanton Wallis, nah an deren Hauptort Sion. Er ist einer der bekanntesten Stauseen der Schweiz, da er auch über die weltweit vierthöchste Staumauer verfügt. Für eine Solarfloating-Anlage kann er viele Vorteile bieten und wird aus folgenden Gründen für diese Arbeit für ein Anlagenkonzept berücksichtigt:

- Es sind rund um den See Freiflächen zu finden, die der Installation dienen können. (3.1)
- Der See bietet über eine Fläche von 4 km² und somit eine geeignet grosse Fläche für eine Solarfloating-Anlage. (3.3)
- Der See ist im Besitz von diversen Energiekonzernen. Die Pumpstation befindet sich nah an der Staumauer. Die Turbinen sind bis auf 834 MW ausgelegt. Daher wird der Anschluss am bestehenden Netz wohl kein Problem darstellen. (3.4)
- Da bereits eine Solarfloating-Anlage im Wallis installiert wurde, kann man davon ausgehen, dass seitens Kanton eine Akzeptanz herrscht und man die Anlage bewilligt bekommen würde. (3.6)
- Es ist nicht vorgesehen, dass der Stausee bald geleert wird. Daher bleibt er grundsätzlich auf seinem Stand und bewegt sich nicht allzu viel. (3.7)
- Im Wallis, nicht weit vom Lac des Dix entfernt, wurde bereits eine Solarfloating-Anlage errichtet. Dies in ähnlichem Ausmass, wie in diesem Fall. In der Bevölkerung sind aus diesem Grund bereits Erfahrungen damit vorhanden und die Akzeptanz wird wohl leicht höher sein, wie in anderen Gebieten. (3.8)
- Der See ist im Besitz der Grande Dixence SA, bei welchem der Energiekonzern Alpiq Suisse 60 % und damit die Mehrheit davon besitzt. Für den Anschluss an der Anlage sind viele Erfahrungen vorhanden, die weit über die Leistung der Solarfloating-Anlage gehen. (3.9)



Bild 37: Anlagenstandort auf dem Lac des Dix

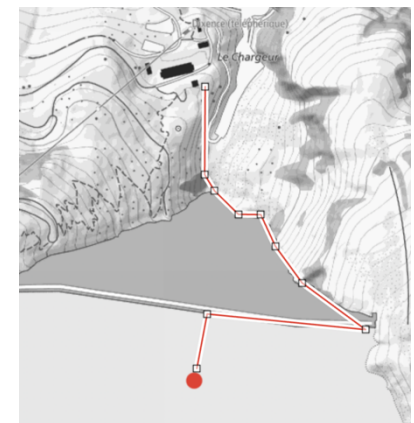


Bild 38: Möglicher Weg zur Trafostation und Anbindung an das Netz

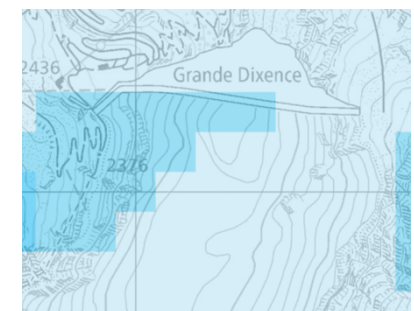


Bild 39: Kein extremer Wind auf dem Lac des Dix

Zusätzliche Nutzung der Staumauer

Da der Lac des Dix über eine besonders grosse Staumauer in Richtung Norden verfügt, eignet sich diese grundsätzlich für eine Photovoltaik-Anlage. Daher wird diese in diesem Anlagenkonzept auch miteinbezogen. Zwar ist die Richtung Norden wohl nicht optimal, dennoch spricht die Fläche, die zur Verfügung steht für sich.



Bild 40: Staumauer des Lac des Dix

7.2.2 Risiken und Gefahren

Um die Anlage auch bauen zu können, gibt es in dieser Region auch einige Risiken und Gefahren. Dabei sind folgende besonders aufgefallen:

- Die Anlage ist etwas hoch gelegen und der Transport kann zu Problemen führen.
- Es ist wohl die bekannteste Staumauer der Schweiz. Es könnte daher Widerstand geben, wenn die Mauer mit Solarmodulen bedeckt werden würde.
- Die Staumauer wird auch für den Tourismus benutzt, welcher durch den Bau einer Photovoltaikanlage behindert werden könnte
- Der See ist sehr tief. Eine Befestigung der Solarfloating-Anlage wäre wohl nur seitlich möglich.

7.2.3 Komponenten

Wechselrichter

Für dieses Konzept wird wieder der Wechselrichter von Sungrow ausgewählt. Durch die Erfahrungen der Grossanlagen ist es ein Wechselrichter-Hersteller, der auch für eine Solarfloating-Anlage gut infrage kommt.

Solarmodule

Als Solarmodul für dieses Konzept, wurde das Trina Vertex S+ TSM Bifacial Doppelglas 455 Wp verwendet. Es bietet viel Leistung zu einem guten Preis-Leistungs-Verhältnis und kann auch hier wieder den Unterschied für die Wirtschaftlichkeit der Anlage bringen.

Unterkonstruktion

Solarfloating

Da der See nicht oft geleert wird, muss die Unterkonstruktion nicht so ausgelegt werden, dass diese auch auf dem Boden liegen wird. Da bereits der Wechselrichter von Sungrow ausgewählt wurde, könnte man hier auch die Unterkonstruktion von Sungrow wählen.

Staumauer

Fassadenanlagen wurden schon öfters wie Solarfloating-Anlagen gebaut. Daher ist der Markt für solche Anlagen etwas grösser und man hat auch eine grössere Komponentenauswahl. K2 ist derzeit einer der grössten Anbieter für Unterkonstruktionen von Fassadenanlagen und hat daher auch viel Erfahrung. Deshalb wäre hier die Unterkonstruktion von K2 zu empfehlen.

Erläuterungen zur Wahl der Komponenten unter Anhang 9

Grobe Materialliste der Solarfloating-Anlage

2400x	Solarmodule Trina Vertex S+ TSM Bifacial Doppelglas 455 Wp
1x	Wechselrichter Sungrow 1000 kW
1600x	Schwimmkörper der Unterkonstruktion
1x	Plattform für Wechselrichter
8500m	DC-Kabel Plus
5000m	DC-Kabel Minus
300x	DC-Stecker Plus
300x	DC Stecker Minus
3600m	Einzeladern AC Kabel 300mm ²

7.2.4 Planung

Solarfloating

Geplant ist wieder eine Plattform mit 2400 Solarmodulen. Diese Grösse wurde so bestimmt, dass die Anlage auch nicht zu viel Platz einnimmt und dennoch eine grosse Produktion möglich wird. Die Anlage wurde nah an die Staumauer gesetzt, sodass der Weg an das bestehende Netz nicht zu weit ist. Als Vorbild dient dazu die Anlage aus Portugal, genauer gesagt vom Alqueva-Stausee. Auch dort hat man die Anlage auf einem sehr tiefen See errichtet.

Anlagengrösse: 1092 kWp

Staumauer

Der Lac des Dix verfügt über eine sehr grosse Staumauer, die jedoch in Richtung Norden zeigt. Auch hier wurde wieder darauf geachtet, dass nicht gleich alles gefüllt wird und nur der obere Teil infrage kommt. Je weiter unten, desto weniger Sonne und je weniger Sonne, desto weniger wirtschaftlich und sinnvoll. Dennoch auch man hier auf 7296 Module gekommen, die hier verwendet würden. Also mehr als das doppelte wie das Konzept der Solarfloating-Anlage

Anlagengrösse: 3.319,68 kWp

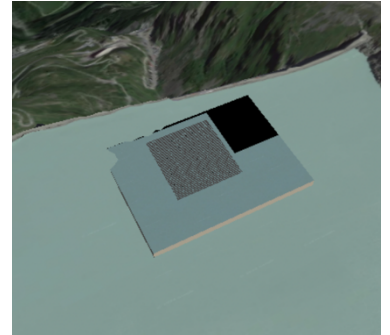


Bild 41: Solarfloating auf dem Lac des Dix



Bild 42: Staumauer-Anlage auf dem Grande Dixence

7.2.5 DC-Verkabelung

Solarfloating

Zur DC-Verkabelung dient wieder die Berechnung vom Anlagenkonzept des Sihlsees. Da auch in diesem Konzept wieder dieselbe Form gewählt wird, kann man von den gleichen Leitungslängen im DC-Bereich ausgehen. Auch für die Verstringung der DC-Verkabelung wurde wieder dasselbe System gewählt, da dies für eine Wartung von grossem Vorteil ist, es aber auch beim verstringen einfacher gehalten werden kann. Es werden also jeweils 16 Module pro String zusammengenommen.

Staumauer

Die Staumauer würde entlang der Mauer horizontal verstringt. Somit kann man die Module jeweils nebeneinander zusammensetzen und verkabeln. Auch in diesem Fall wären es wieder 16 Module pro String. Die Wechselrichter würden oberhalb auf der Staumauer angebracht werden.

7.2.6 AC-Verkabelung

Da es sich um eine Staumauer handelt, bei welcher das Werk nah ist, sollte die Anlage daran erschlossen werden. Die Turbinen sind bereits auf eine grosse Stromproduktion ausgelegt und so sollte die Anbindung an die Photovoltaikanlage kein grosses Problem mehr darstellen. Beide Anlagen, ob die Solarfloating-Anlage oder diese auf der Staumauer, könnte man im Vergleich zu anderen Anlagen gut erschliessen.

7.2.7 Realisierung

Solarfloating

Die Realisierung der Anlage muss vor allem auf dem See selbst vorgenommen werden. Zwar kann man einzelne Bauteile auch unten auf dem Platz fertigen, einen Helikopter aufzubieten wird in dieser Höhe jedoch schwierig bis unmöglich. Neben der Staumauer führt eine kleine Strasse zum See. Diese kann man sich zunutze machen und mit Transporter zum See gelangen.

	1	2	3	4	5	6	
			WR- Invert				
1							1
2							2
3							3
4							4
5							5
6							6
7							7
8							8
9							9
10							10
	1	2	3	4	5	6	

Bild 43: Gleiches Konzept für die Verstringung wie auf dem Sihlsee

Staumauer

Auch im Fall der Anlage auf der Staumauer muss man das Material nach oben transportieren, da die Solarmodule oben auf dem Staudamm geplant sind. Von oben kann man sich dann abseilen und die Komponenten an der Wand anbringen.

7.2.8 Erwartete Produktion der Anlage

Solarfloating

Die Produktion der Anlage wurde anhand Polysun, welche Messwerte in der ganzen Schweiz hat, errechnet. Dabei kamen folgende Messwerte heraus:

Januar:	64'161,46 kWh	Juli:	162'183,11 kWh
Februar:	86'672,69 kWh	August:	138'086,94 kWh
März:	130'681,89 kWh	September:	111'850,84 kWh
April:	147'094,28 kWh	Oktober:	89'286,88 kWh
Mai:	160'179,73 kWh	November:	62'273,33 kWh
Juni:	165'401,73 kWh	Dezember:	49'369,76 kWh

Erwartete Gesamtproduktion auf ein Jahr: **1'367'242'63 kWh**

Anlagengrösse: 1092 kWp

Auch in diesem Fall wird die Photovoltaikanlage durch die Berge beeinflusst. Dennoch wird eine höhere Energieproduktion erwartet als auf dem Sihlsee. Dies kann man vor allem auf die Höhe der Anlage und den Temperaturen in diesen Lagen zurückführen. Auch die bifazialen Solarmodule leisten wohl einen grossen Teil, dass eine grosse Produktion der Anlage erreicht werden kann.

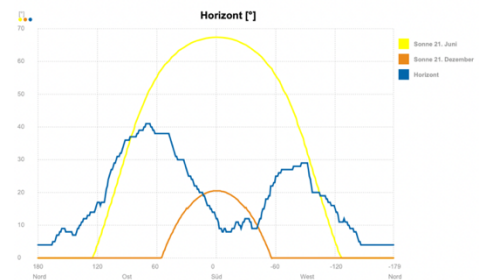


Bild 44: Durch die Berge in der Umgebung wird der Horizont stark beeinflusst

Staumauer

Die Produktion der Anlage wurde anhand Polysun, welche Messwerte in der ganzen Schweiz hat, errechnet. Dabei kamen folgende Messwerte heraus:

Januar:	77.603,90 kWh	Juli:	130.698,80 kWh
Februar:	108.521,80 kWh	August:	98.111,10 kWh
März:	171.417,60 kWh	September:	79.265,70 kWh
April:	158.413,80 kWh	Oktober:	70.085,10 kWh
Mai:	196.014,20 kWh	November:	65.590,50 kWh
Juni:	165.517,90 kWh	Dezember:	58.892,20 kWh

Erwartete Gesamtproduktion auf ein Jahr: **1.380.132,63 kWh** **Anlagengrösse: 3.319,68 kWp**

Es fällt sehr schnell auf, dass die Produktion für die Anlagengrösse sehr klein ist. Aufgrund der Richtung in Norden wird ein schlechter Ertrag prognostiziert. Obwohl hier viel Leistung ausgelegt wurde, wird nicht wirklich viel produziert.

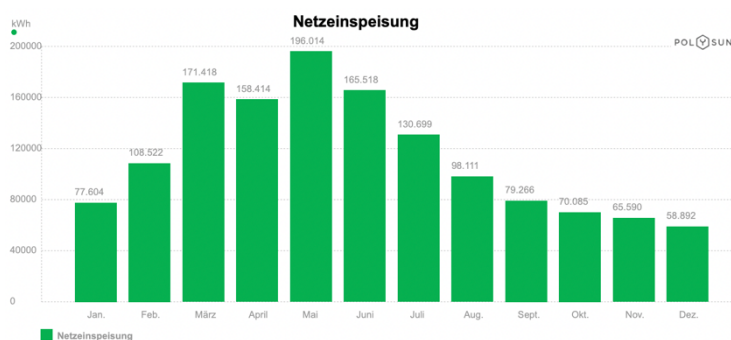


Bild 45: Verglichen mit der Anlagenleistung, ein sehr schlechter Ertrag

7.2.9 Wirtschaftlichkeit

Solarfloating-Anlage

Preis der Anlage

Aufgrund fehlender Angaben von einigen Herstellern wird der Preis der Anlage auf dem Lac des Dix anhand der Referenzanlage auf dem Lac des Toules berechnet.

	Lac des Toules	Anlagenkonzept Lac des Dix
verbaute Module	1400 Solarmodule	2400 Solarmodule
Gesamtpreis	CHF 2'400'000.-	CHF 4'114'285.-*

*Dies ist eine Schätzung

Einmalvergütung und PV Auktion

Einmalvergütung mit Höhenbonus: CHF 573'239.85

Basisdaten der Anlage						Vergütungsdetails	
Leistung in kWp*	Datum Inbetriebnahme*	Art des Anlagenbaues*	Neigungswinkel ≥ 75 Grad	Höhenbonus ab 1500m	kein Eigenverbrauch		
1'092.00	01.11.2024	Freistehend	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Grundbeitrag	0.00
						Leistungsbeitrag	300'239.85
						Neigungswinkelbonus	0.00
						Höhenbonus	273'000.00
						Förderbeitrag (unverbindlich)	573'239.85 CHF

Bild 46: Einmalvergütung wird durch den Höhenbonus um einiges höher

Geschätzter Gesamtpreis abzüglich Einmalvergütung: CHF 3'541'045.15

Teilnahme an PV-Auktion: Annahme CHF 600.-/kWp

Bei 1092 kWp: CHF 655'200.-

Geschätzter Gesamtpreis abzüglich Förderung PV Auktion: CHF 3'459'085.-

Auch in diesem Fall ist es zu empfehlen, sich die Förderung zur PV Auktion zunutze zu machen. Falls man den Optimalbetrag der Auktion jedoch nicht erhält, kann man durch den Höhenbonus der Einmalvergütung aber dennoch einen guten Förderbeitrag erzielen, damit die Anlage wirtschaftlich ist.

Wirtschaftlichkeitsberechnung mit Einmalvergütung inkl. Höhenbonus

Die Anlage mit Einmalvergütung auf dem Lac des Dix kann wirtschaftlich errichtet werden. Die Anlage wäre innert 19 Jahren amortisiert und erzielt auf die Lebensdauer von 25 Jahren einen Gewinn von CHF 915'777.-

Ertrag ohne Einspeisevergütung (inkl. MWST)		Vergütungsdauer von/bis		01.08.24	31.07.49	Rücklieferung	230'165 Sfr./Jahr	einmaliger Bezug
							Sfr./Jahr	
							Sfr./Jahr	
						Ø Ertrag	230'165 Sfr./Jahr	
Ertrag mit Einspeisevergütung (inkl. MWST)		Leistungs-kategorie	Grösse (kWp)	Tarif (Sfr./kWh)	Rücklieferung	einmaliger Bezug		
		≤ 10 kWp						
		≤ 30 kWp						
		≤ 100 kWp						
		≤ 1000 kWp						
		> 1000 kWp						
						Ø Einspeisevergütung (bezogen auf Vergütungs-dauer)	Sfr./Jahr	
Kennzahlen		(bezogen auf die Anlagen-Lebensdauer)		Ø Jahresenergieertrag	1'310'965 kWh/Jahr			
				Ø Jahresertrag	229'295 Sfr./Jahr			
				Ø einm. Bezug	0 Sfr./Jahr	(Einspeisevergütung und eigener Tarif)		
				Ø MWST-Umsatzsteuer	0 Sfr./Jahr	(Umsatzsteuer auf den Rücklieferungs-Erlösen)		
				Ø MWST-Vorsteuer	0 Sfr./Jahr	(Vorsteuerabzug auf den spezifischen Betriebs- und Unterhaltskosten)		
				Ø Unterhaltsaufwand	12'599 Sfr./Jahr			
				Ø Eigenkapitalkosten	171'390 Sfr./Jahr	(Amortisation + Zinsen)		
				Ø Fremdkapitalkosten	0 Sfr./Jahr	(Amortisation + Zinsen)		
				Ø Nettoertrag	49'295 Sfr./Jahr			
				Kapitalwert (NPV)	915'777 Sfr.	Investition ist sehr rentabel		
				Payback	19 Jahre			
				kWh-Kosten	0.140 Sfr./kWh			

Bild 47: Die Anlage kann auch durch den Höhenbonus wirtschaftlich gebaut werden

Wirtschaftlichkeitsberechnung mit PV Auktion

Auch mit dem Beitrag der PV Auktion ist eine Anlage auf dem Lac des Dix anhand des derzeitigen Rücklieferertarifs wirtschaftlich. Bei einer Anlage dieser Grösse kann aber der Rücklieferertarif laut dem Verteilnetzbetreiber angepasst werden. Die Anlage ist anhand Berechnung bereits nach 18 Jahren amortisiert und erzielt in der Lebensdauer von 25 Jahren einen Gewinn von CHF 995'334.-

Ertrag ohne Einspeisevergütung (inkl. MWST)		Vergütungs-dauer von/bis		01.08.24	31.07.49	Rücklieferung	230'165 Sfr./Jahr	einmaliger Bezug
							Sfr./Jahr	
							Sfr./Jahr	
						Ø Ertrag	230'165 Sfr./Jahr	
Ertrag mit Einspeisevergütung (inkl. MWST)		Leistungs-kategorie	Grösse (kWp)	Tarif (Sfr./kWh)	Rücklieferung	einmaliger Bezug		
		≤ 10 kWp						
		≤ 30 kWp						
		≤ 100 kWp						
		≤ 1000 kWp						
		> 1000 kWp						
						Ø Einspeisevergütung (bezogen auf Vergütungs-dauer)	Sfr./Jahr	
Kennzahlen		(bezogen auf die Anlagen-Lebensdauer)		Ø Jahresenergieertrag	1'310'965 kWh/Jahr			
				Ø Jahresertrag	229'295 Sfr./Jahr			
				Ø einm. Bezug	0 Sfr./Jahr	(Einspeisevergütung und eigener Tarif)		
				Ø MWST-Umsatzsteuer	0 Sfr./Jahr	(Umsatzsteuer auf den Rücklieferungs-Erlösen)		
				Ø MWST-Vorsteuer	0 Sfr./Jahr	(Vorsteuerabzug auf den spezifischen Betriebs- und Unterhaltskosten)		
				Ø Unterhaltsaufwand	12'599 Sfr./Jahr			
				Ø Eigenkapitalkosten	167'504 Sfr./Jahr	(Amortisation + Zinsen)		
				Ø Fremdkapitalkosten	0 Sfr./Jahr	(Amortisation + Zinsen)		
				Ø Nettoertrag	49'192 Sfr./Jahr			
				Kapitalwert (NPV)	995'334 Sfr.	Investition ist sehr rentabel		
				Payback	18 Jahre			
				kWh-Kosten	0.137 Sfr./kWh			

Bild 48: Auch mit der PV Auktion ist die Solarfloating-Anlage rentabel

Fazit

Die Anlage kann wirtschaftlich errichtet werden. Dennoch ist die Wirtschaftlichkeitsberechnung stark am Rücklieferertarif gebunden. Dieser wird in den nächsten Jahre wohl etwas sinken. Daher ist zu erwarten, dass auch die Wirtschaftlichkeit etwas sinken wird.

Staumauer

Preis der Anlage

Aufgrund fehlender Angaben von einigen Herstellern wird der Preis der Anlage für die Staumauer des Lac des Dix anhand einer Referenzanlage der Staumauer Linth-Limmern gerechnet.

	Linth-Limmern	Anlagenkonzept Lac des Dix
verbaute Module	5000 Solarmodule	7296 Solarmodule
Gesamtpreis	CHF 7'900'000.-	CHF 11'527'680.-*

*Dies ist eine Schätzung

Einmalvergütung und PV Auktion

Einmalvergütung mit Höhen- und Neigungswinkelbonus: CHF 2'063'601.45

Geschätzter Gesamtpreis abzüglich Einmalvergütung: CHF 9'464'078.55

Teilnahme an PV-Auktion: Annahme CHF 600.-/kWp

Bei 3.319,68 kWp: CHF 2'175'054.-

Geschätzter Gesamtpreis abzüglich Förderung PV Auktion: CHF 9'352'626.-

Auch in diesem Fall ist es zu empfehlen, die PV Auktion zu nutzen.

Wirtschaftlichkeitsberechnung mit Einmalvergütung

Kategorie		Beiträge auf die Anlagen-Lebensdauer	
	0 Jahresvergütung		1'224'211 CHF/Jahr
	0 Jahresbeitrag		222'509 CHF/Jahr
	0 eingezahlter Betrag		0 CHF/Jahr
	0 MWST-Umsatzsteuer		0 CHF/Jahr
	0 MWST-Einksteuer		0 CHF/Jahr
	0 Umsatzsteuerbonus		22'726 CHF/Jahr
	0 Eigenkapitalkosten		404'723 CHF/Jahr
	0 Fremdkapitalkosten		0 CHF/Jahr
	0 Instandhaltung		-224'211 CHF/Jahr
	Kapitalwert (NPV)	(Schuldenrückzahlung)	-6'959'813 CHF
	Payback	(bei Abschreibungsrechnung)	145 Monate
	IRR-Kriterium	(Rechenregelkriterium)	0,334 %/Jahr

Bild 49: Grosser Verlust bei Realisierung der Anlage

Wirtschaftlichkeitsberechnung mit PV Auktion

Kategorie		Beiträge auf die Anlagen-Lebensdauer	
	0 Jahresvergütung		1'224'211 CHF/Jahr
	0 Jahresbeitrag		222'509 CHF/Jahr
	0 eingezahlter Betrag		0 CHF/Jahr
	0 MWST-Umsatzsteuer		0 CHF/Jahr
	0 MWST-Einksteuer		0 CHF/Jahr
	0 Umsatzsteuerbonus		22'726 CHF/Jahr
	0 Eigenkapitalkosten		402'726 CHF/Jahr
	0 Fremdkapitalkosten		0 CHF/Jahr
	0 Instandhaltung		-224'211 CHF/Jahr
	Kapitalwert (NPV)	(Schuldenrückzahlung)	-6'959'813 CHF
	Payback	(bei Abschreibungsrechnung)	145 Monate
	IRR-Kriterium	(Rechenregelkriterium)	0,334 %/Jahr

Bild 50: Auch die PV Auktion kann nicht die Anlage nicht rentabel machen.

Aufgrund der schlechten Erträge ist die Photovoltaik-Anlage nicht wirtschaftlich realisierbar. Dazu wäre mit einem sehr grossen Verlust zu rechnen. Auf die Anlagendauer von 25 Jahren wären es CHF 5'005'815 (Einmalvergütung) oder CHF 4'897'632 (PV Auktion). Daher würde eine Anlage an der Staumauer weder aus wirtschaftlicher noch Sicht der erzielten Erträge Sinn machen.

7.2.10 Genehmigungen

Solarfloating

Im Kanton Wallis ist eine Solarfloating-Anlage grundsätzlich möglich. Dazu muss ein Baugesuch einen technischen Bericht der Anlage, wie auch eine Studie zur Umweltverträglichkeit enthalten. Durch den Staudamm wird die Solarfloating-Anlage als Nebenanlage im Sinne der Stauanlagenüberwachungsverordnung betrachtet. Sie muss daher gut überwacht werden. Zusätzlich würde das BFE, vertreten durch die Sektion Staudammaufsicht, die Arbeiten vor Ort abnehmen.

Staumauer

Auch für die Anlage an der Staumauer ist ein Baugesuch einzureichen. Auch hier ist ein technischer Bericht notwendig, jedoch keine Studie zur Umweltverträglichkeit. Sobald die Baubewilligung eintrifft, kann man bereits bauen. Das Genehmigungsverfahren ist etwas einfacher, wie bei einer Solarfloating-Anlage.

Installationsbewilligung

Jede erstellte Anlage braucht auch eine Installationsbewilligung seitens Elektrizitätswerk. Somit muss auch eine Installationsanzeige und ein technisches Anschlussgesuch für eine PV-Anlage eingegeben werden. Nach Abschluss der Arbeiten ist jede Anlage noch zu prüfen. Dies zunächst vom Installationsbetrieb und danach von einer unabhängigen akkreditierten Person, da es sich um eine Grossanlage handelt.

7.2.11 Fazit Solarfloating mit Anlage an der Staumauer

Es ist schon besonders im Ertrag der Staumauer-Anlage aufgefallen: Diese Anlage an der Staumauer lohnt sich nicht. Auffallend ist, dass viele Staumauern in der Schweiz in Richtung Norden gerichtet sind und sich deshalb für eine Photovoltaikanlage nicht eignen. Kann die Anlage aber in den Süden gerichtet werden, so muss man den Fall neu analysieren. Dies kann dann durchaus Sinn ergeben. Man muss den Standort gut anschauen und sich gute Simulationen machen, damit man auch wirklich eine Anlage an einer Staumauer baut.

Im Fall der Staumauer des Kraftwerks Linth-Limmern hat man bereits eine Anlage gebaut. Diese Staumauer hat weniger Neigung, wie zum Beispiel diese am Lac des Dix. Nur schon dies kann zu einem Unterschied führen.

Alles in allem wäre es eine gute Idee, auch die Staumauer zu nutzen, dennoch muss man jeden Fall einzeln anschauen.

8. Akzeptanz in der Bevölkerung

8.1 Meine Umfrage

Um herauszufinden, wie es bei der Akzeptanz aussieht, habe ich eine Umfrage gestartet. Dabei haben zwar viele im Alter zwischen 22 bis 26 mitgemacht, es wurde aber auch geschaut, dass auch andere Altersgruppen darin abgebildet werden. Mitgemacht haben dabei Freunde, bekannte, aber auch ehemalige Vorgesetzte, die im Bereich Elektroinstallation oder Energie tätig sind.

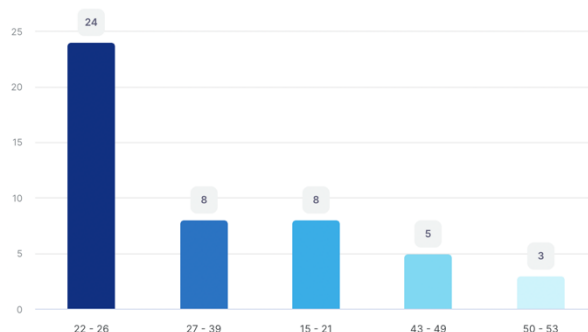


Bild 51: Altersangaben der Personen, die an der Umfrage teilgenommen haben

8.1.1 Wichtigkeit zum Ausbau der erneuerbaren Energien

Die Umfrage konnte zeigen, was Abstimmungen in der Bevölkerung oftmals aufzeigen. Von den meisten Teilnehmern wird der Ausbau im Allgemeinen als «Wichtig» oder «Sehr wichtig» betrachtet. Nur sehr wenige sehen dies als «Unwichtig» an. Somit gibt es ein grosses Interesse, künftig erneuerbar Energie zu produzieren.

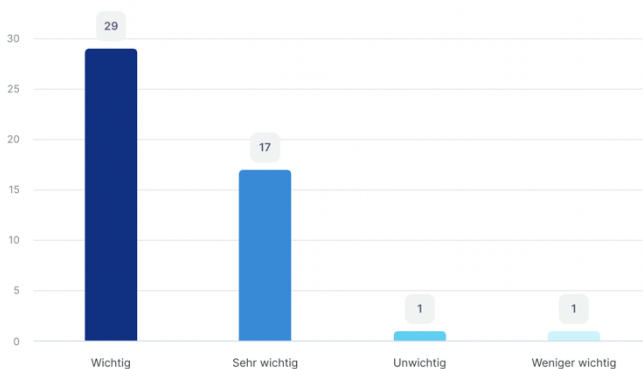


Bild 52: 29 Teilnehmer sehen den Ausbau von erneuerbaren Energien als wichtig an.

8.1.2 Die zukunftsreichste erneuerbare Energiequelle

Die Solarenergie wurde von den Teilnehmenden als die zukunftsreichste erneuerbare Energiequelle genommen. Es wird aber auch aufgezeigt, dass das Interesse am Ausbau der Wasserkraft weiter hoch ist. Weniger als die Hälfte der Teilnehmenden hat die Solarenergie als die zukunftsreichste gesehen.

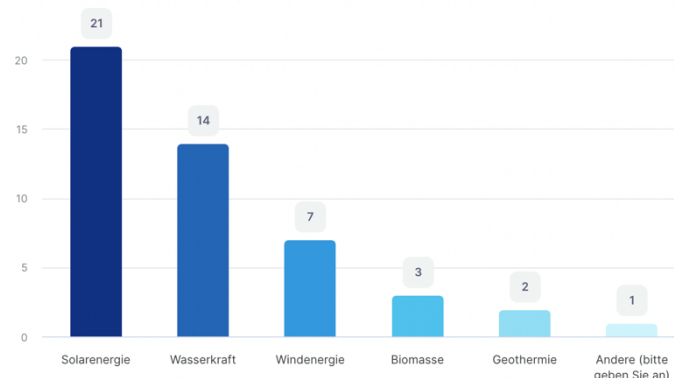


Bild 53: Neben der Solarenergie, ist auch Wasser und Wind von grossem Interesse

8.1.3 *Umweltschutz vs. Wirtschaftliches Wachstum*

Erneuerbare Energien werden nur ausgebaut werden können, wenn sie einerseits wirtschaftlich, aber auch möglichst umweltfreundlich sind. Der Umweltschutz, aber auch die Wirtschaftlichkeit einer Anlage ist den Teilnehmenden wichtig, um künftig erneuerbar Strom zu produzieren.

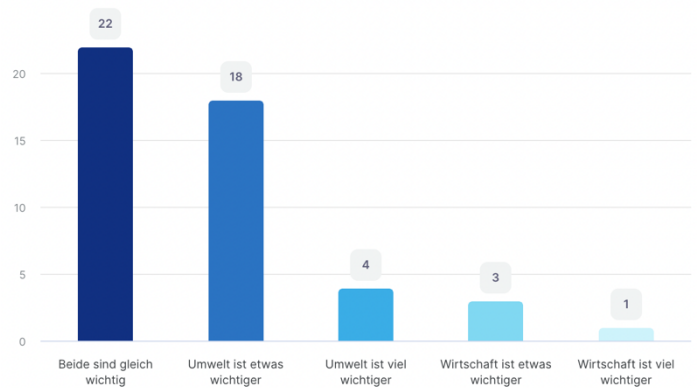


Bild 54: Wirtschaftlichkeit, wie auch Umweltschutz ist wichtig

8.1.4 *Hindernisse beim Bau von neuen Anlagen*

Besonders der Widerstand der Bevölkerung gegen eine Anlage oder die hohen Kosten für den Bau und Unterhalt werden als grosses Hindernis gesehen. Zusätzlich sehen die Teilnehmenden das Problem an der unzureichenden staatlichen Unterstützung, welche für den Ausbau somit gefordert werden. Die technologischen Herausforderungen scheinen ein eher kleines Problem zu sein.

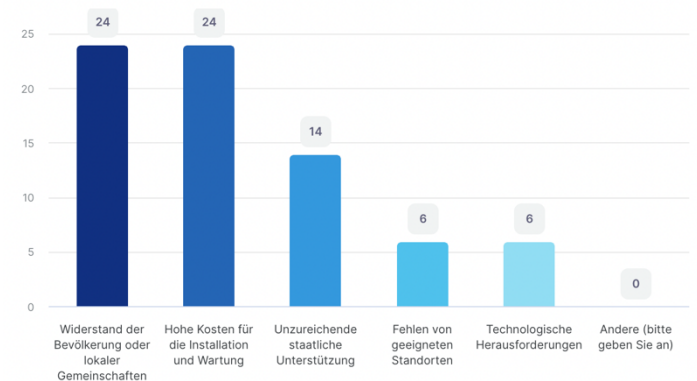


Bild 55: Die Hindernisse für den Ausbau.

8.1.5 *Sichtweise zum Ausbau der Solarenergie in der Schweiz*

Die Sichtweise zum Ausbau Solarenergie in der Schweiz ist mehrheitlich positiv. In der Umfrage gab es nur eine Stimme, welche es als eher negativ ansieht.

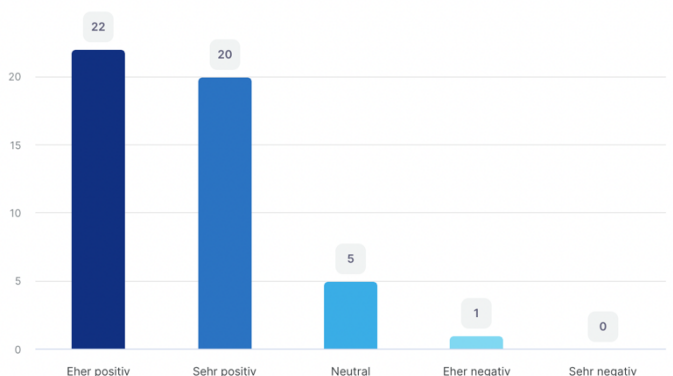


Bild 56: Sichtweise mehrheitlich positiv

8.1.6 Bekanntheit von Solarfloating-Anlagen

Die meisten Teilnehmenden haben noch nie von schwimmenden Photovoltaikanlagen gehört und sind mit dieser Umfrage zum ersten Mal darüber informiert worden.

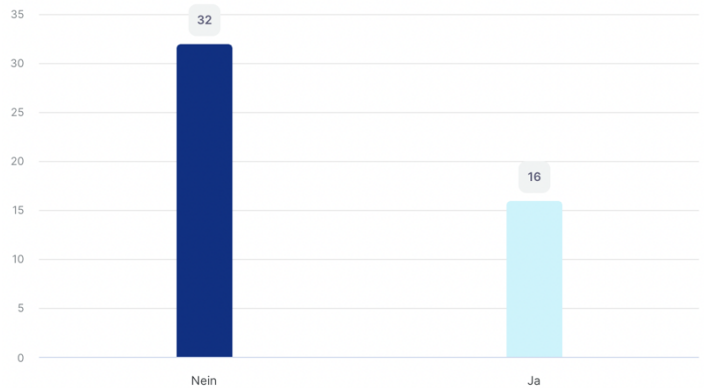


Bild 57: Solarfloating ist noch immer etwas unbekannt

8.1.7 Der erste Eindruck einer Solarfloating-Anlage

Für viele ist Solarfloating eine gute Idee. Es gibt jedoch auch hier Kritiker, welche es für eine «schlechte» oder «sehr schlechte» Idee sehen. Unter «Kapitel 8.1.14» werden diese kritischen Stimmen noch genauer dargestellt.

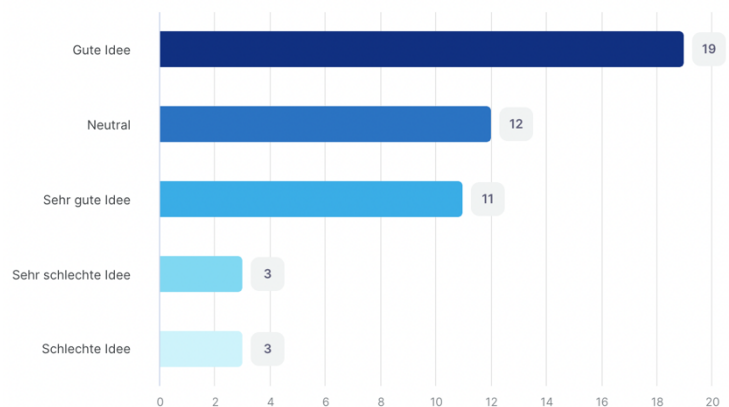


Bild 58: Mehrheitlich eine positive Haltung gegenüber Solarfloating

8.1.8 Die Befürwortung, eine Anlage zu bauen

Grundsätzlich wird es befürwortet, dass eine solche Anlage auf einem Stausee errichtet wird. Dennoch gibt es aber auch manche Stimmen, die dagegenhalten und sich gegen eine solche Anlage positionieren

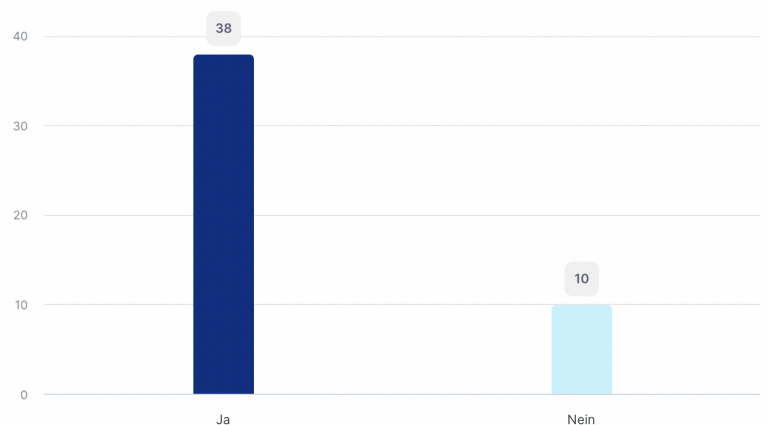


Bild 59: Viele positive Betrachtungen gegenüber Solarfloating-Anlagen

8.1.9 Vorteile von Solarfloating-Anlagen

Als grösster Vorteil wird der geringe Flächenverbrauch an Land gesehen, aber auch, dass man eine bereits bestehende Infrastruktur mit diesem System nutzen kann. Einige halten es jedoch wie schon anhand der letzten Fragen für eine schlechte Idee und sehen auch keine Vorteile.

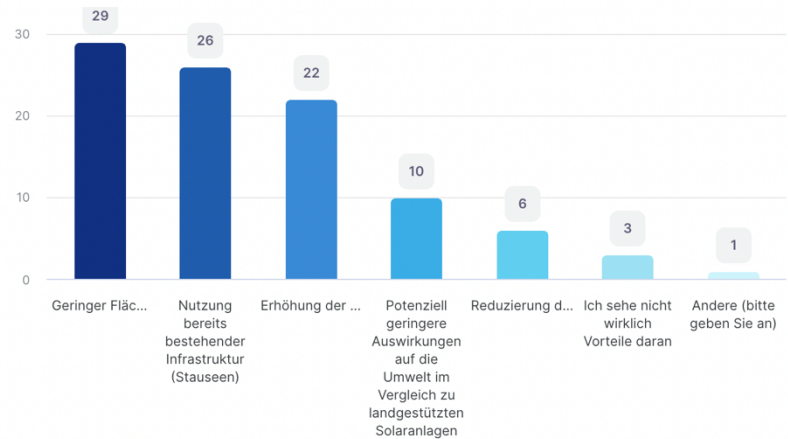


Bild 60: Der geringe Flächenverbrauch an Land wird als der grösste Vorteil angesehen.

8.1.10 Bedenken gegenüber Solarfloating-Anlagen

Wo Vorteile vorhanden sind, gibt es meist auch Nachteile. Vor allem die negativen Auswirkungen auf die Tierwelt und die Kosten werden dabei vor allem als Nachteil gesehen. 2 Teilnehmende hatten jedoch keine Bedenken.

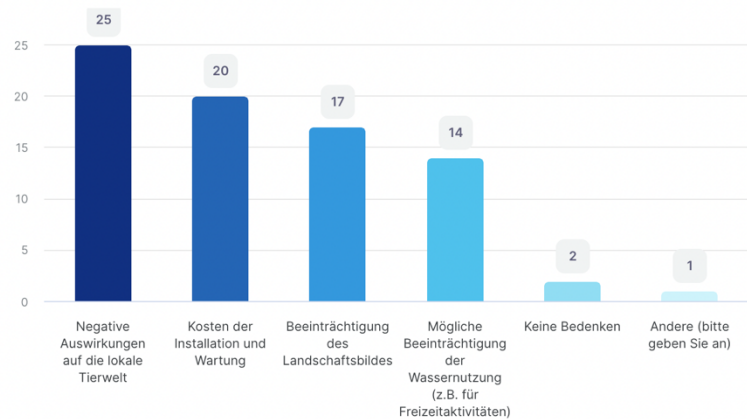


Bild 61: Bedenken gegenüber neuen Solarfloating-Anlagen

8.1.11 Akzeptanz, wenn die natürliche Schönheit des Sees durch die Anlage beeinträchtigt wird.

Viele würden es eingehen, dass ein See für die natürliche Schönheit etwas abgibt, damit wir erneuerbar Energie produzieren können. Es hat sich aber auch abgezeichnet, dass viele dafür noch unentschieden sind.

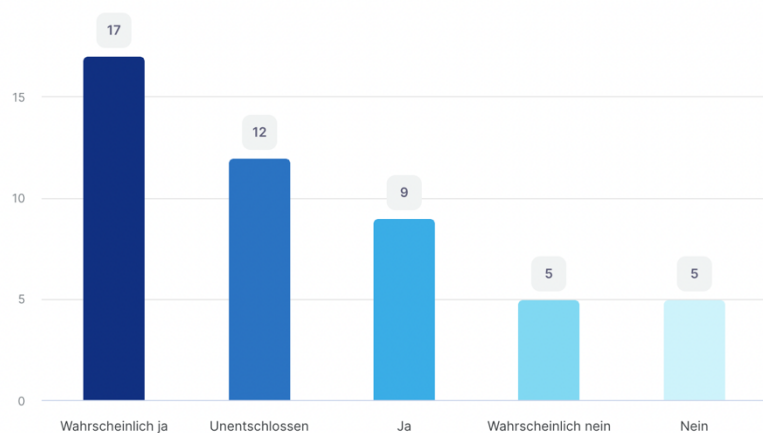


Bild 62: Akzeptanz ist da, jedoch auch nicht von allen.

8.1.12 Staatliche Förderung von Solarfloating

Damit die Wirtschaftlichkeit von Solarfloating-Anlagen gegeben ist, wurde von vielen gefordert, dass der Staat solche Anlagen fördert, damit dies weiter ausgebaut werden kann.

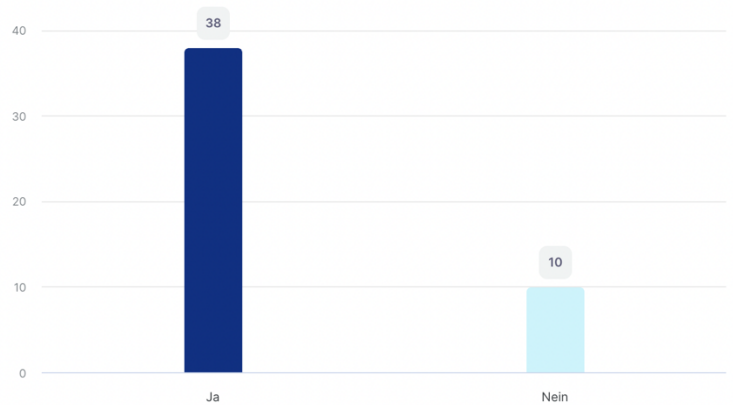


Bild 63: Staatliche Förderung sollte ausgebaut werden

8.1.13 Einbindung der Bevölkerung in den Entscheidungsprozess einer Anlage

Viele fordern hier, dass die Bevölkerung in den Entscheidungsprozess einer Anlage miteinbezogen wird. Somit sollte vor dem Bau eine Abstimmung oder ähnliches durchgeführt werden, damit eine Anlage auch wirklich dem Volkswillen nach gebaut wird.

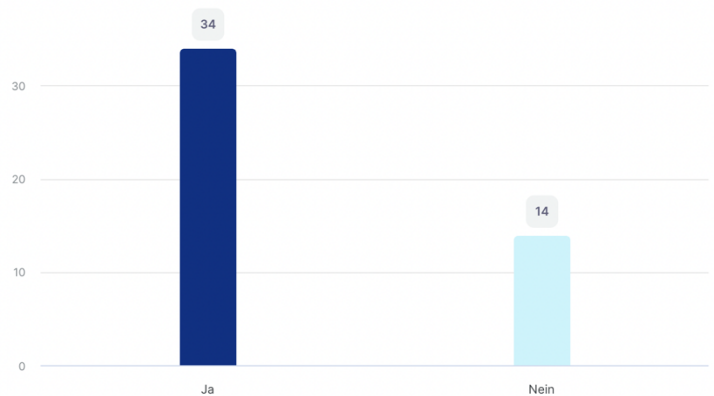


Bild 64: Die Bevölkerung will miteingebunden werden

8.1.14 Die kritischen Stimmen

Am Ende der Umfrage durfte jeder Teilnehmer noch freiwillig eine Bemerkung betreffend dieser Thematik schreiben. Dabei kamen einige kritische Stimmen zusammen. Es kam vor allem heraus, dass die Kritiker das Problem an der Natur sehen, die durch eine solche Anlage verbaut wird oder auch, dass es überhaupt nicht zu einem Stausee passen würde.

Photovoltaik ja, aber gerne auf Dächern, als Brüstungen, an Fassaden usw.
Bitte nicht in der Natur

Man soll lieber an bestehenden Häusern und Gebäude auf Solar setzen oder bei den seitenwänden von Autobahnen. Nicht die Umwelt noch mehr verwüsten!

Man müsste etwas neutraleres Erfinden das zum Stausee passen würde

Durch die Annahme des Mantelerlasses sehe ich das Problem, dass kleinere Anlagen kaum mehr euphorisch realisiert werden und die Attraktivität dieser Quelle sinkt. Damit ist eine Quelle für nachhaltige Energie einen Bärendienst erwiesen worden und wieder die Grossen Stromproduzenten profitieren.

Befürworte, dass man zuerst die bereits bestehenden Dächer dazu nutzt. Kenne doch ein paar Fälle in denen Solaranlagen auf Hausdächern abgelehnt wurde zugunsten des „Ortbildes“ (in abgelegenen Orten). Zuerst solche Flächen nutzen und erst später Seen o.ä. Wir haben schon genügend Flächen verbaut.

Bild 65: Einige kritische Bemerkungen zur Solarfloating

8.1.15 Fazit der Umfrage

Die Umfrage zur Akzeptanz von Solarfloating-Anlagen auf Schweizer Stauseen hat gezeigt, dass das Interesse an erneuerbaren Energien und insbesondere von der Solarenergie vorhanden ist. Der Grossteil der Befragten hat sich positiv dazu geäußert und sieht diese Form von Energieproduktion als zukunftssträftig.

Die Bekanntheit und das Bewusstsein einer solchen Anlage ist derzeit noch nicht wirklich vorhanden. Viele haben sich noch nicht wirklich damit befasst und sehen dies als eine neue Möglichkeit, Energie zu produzieren und sich eine weitere Fläche zu nutzen machen.

Unter den Teilnehmenden ging aber heraus, dass besonders auch die Wirtschaftlichkeit gegeben sein muss, damit man eine solche Anlage baut. So wurde aber auch befürwortet, dass staatliche Fördermassnahmen dabei helfen sollen.

Das Volk sollte anhand dieser Umfrage für eine Anlage unbedingt involviert werden. So sollte man nicht nur einfach ein Baugesuch eingeben können, sondern so sollte das Volk darüber abstimmen, ob eine Anlage gebaut wird oder nicht.

Die kritischen Stimmen sind hier wohl die wichtigsten und zeigen die Probleme auf, welche eine Solarfloating-Anlage mit sich zieht. Vor allem sollte eine Anlage nicht naturschädigend sein, aber auch das Ortsbild möglichst wenig verändern.

Gesamthaft gilt zu sagen, dass eine solche Anlage grundsätzlich auf Zustimmung getroffen hat. Viele sehen es als positiv an, ein solches System nutzen zu können. Es gibt jedoch auch einige kritische Stimmen, die keine Zukunft darin sehen und sich gegen eine Solarfloating-Anlage positionieren.

8.2 Abstimmungen der letzten Jahre

Auf national politischer Ebene hat sich die letzten Jahre ein klares Bild abgezeichnet. Die Schweizer Stimmbürgerinnen und Stimmbürger haben dem Ausbau der erneuerbaren Energien klar zugestimmt. Dies bedeutet jedoch nicht, dass problemlos ausgebaut werden kann. Die folgenden Abstimmungen haben gezeigt, in welche Richtung die Schweiz gehen will:

8.2.1 *Energiestrategie 2050: Abstimmung zum Energiegesetz (Abstimmung National)*

Im Mai 2017 hat das Stimmvolk die das revidierte Energiegesetz angenommen. Darin ging es hauptsächlich darum, erneuerbare Energie zu fördern, aus der Kernkraft auszusteigen, wie auch Energie zu sparen und die Effizienz zu erhöhen. Der Vorlage wurde bei 58.2 % Ja-Stimmen zugestimmt und hat den Weg einmal grob aufgezeigt.

8.2.2 *Bundesgesetz über eine sichere Stromversorgung mit erneuerbaren Energien (Abstimmung National)*

Mitte 2024 durfte die Bevölkerung ein weiteres Mal betreffend der künftigen Energieproduktion abstimmen. Im Stromgesetz, wie es auch genannt wurde, ging es vor allem darum, Massnahmen zur Versorgungssicherheit mit Strom zu beschliessen. Die Vorlage wurde klar mit 68.7 % angenommen und hat gezeigt, wo das Interesse der Bevölkerung liegt. Betreffend Solarfloating ging vor allem folgendes hervor:

Nationales Interesse erneuerbarer Energien (Art. 12 Abs. 2, 3 und 4 EnG)

- Lauf-, Speicher und Pumpspeicherkraftwerke, Photovoltaikanlagen, Windkraftwerke, Elektrolyseure und Methanisierungsanlagen sind ab einer bestimmten Grösse von nationalem Interesse.

Schutz von Biotopen und Reservaten (Art. 12 Abs. 2bis EnG)

- In Biotopen von nationaler Bedeutung und in Wasser- und Zugvogelreservaten sind neue Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien ausgeschlossen. (Geltendes Recht)

- Dieser Ausschluss gilt nicht: für Gletschervorfelder und alpine Schwemmebenen, welche der Bundesrat nach dem 1. Januar 2023 in das Inventar der Auengebiete von nationaler Bedeutung aufgenommen hat.

Diese Abstimmung hat gezeigt, dass man künftig gezielt grössere Anlagen bauen möchte und erneuerbare Energien weiter ausgebaut werden sollten.

9. Umweltauswirkungen einer Solarfloating-Anlage

9.1 Erkenntnisse Lac des Toules

Biodiversität

Die Umweltauswirkungen für die Anlage auf dem Lac des Toules wurden von einem Fachbüro untersucht. Diese konnten belegen, dass die Anlage keine Auswirkungen auf die Tier- und Pflanzenwelt hat. Begründet wurde dies, indem dass der Lac des Toules ein künstlich angelegter See ist, der regelmässig entleert wird. Die Anlage nutzt bereits den vorhandenen Bau und ist in das Kraftwerk eingebunden. Somit ist auch die Auswirkung auf die Landschaft selbst sehr begrenzt gehalten.

Schlimmer ist dabei die Entleerung des Stausees selbst, denn diese hat auch schon zu einem Massenfischsterben geführt.

Ökobilanz der Anlage

In einer Masterarbeit einer Studentin der ZHAW ist man der Ökobilanz der Anlage bereits einmal nachgegangen. Dabei kam heraus, dass diese eine etwas schlechtere Ökobilanz hat als Anlagen im Mittelland. Man kann dies vor allem auf das Material zurückführen. Zwar zeigen die Module eine bessere Bilanz, da in den alpinen Regionen mehr produziert werden kann. Die Aufständering, die verwendet wurde, zeigt jedoch eine schlechte Ökobilanz auf. Da eine grosse Menge an Aluminium verwendet wird und im Vergleich zu Anlagen auf Dächern im Mittelhand pro Quadratmeter 5–7-mal mehr Material für die Unterkonstruktion verwendet werden, verschlechtert dies den ökologischen Fussabdruck erheblich.

Es lässt sich aber dennoch sagen, dass man trotz dieser Bilanz umweltfreundlich Strom produzieren lässt und man auch noch ein grosses Sparpotential sieht, indem man recyceltes Aluminium verwenden könnte.

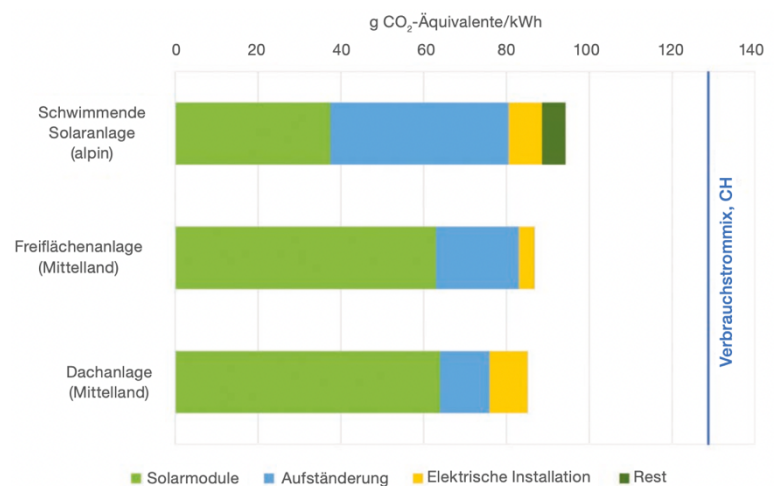


Bild 66: Ökobilanz der Schweizer Solarfloating-Anlage

9.2 Erkenntnisse aus den Niederlanden (Betreiber BayWa r.e)

Die Firma BayWa r.e hat in den Niederlanden viele grosse Solarfloating-Anlagen in Betrieb und ist der Thematik der Umweltauswirkungen auch wirklich nachgegangen. Mit der Hanze University of Applied Sciences Groningen haben sie ihre eigenen Anlagen analysiert.

Wasserqualität

Die Ergebnisse der Untersuchung der Wasserqualität waren, dass sich der Sauerstoffgehalt unter den Floatingsolar-Modulen innerhalb eines Jahres nur minimal verändert hat, da der Wind und das Sonnenlicht die Wasseroberfläche immer noch gut erreicht haben. Laut den Forschern ist die Qualität auch mit einer Solarfloating-Anlage immer noch auf gutem Niveau.

Biodiversität und Umwelt

Anhand der Forschungsarbeiten hat man festgestellt, dass die Solarfloating-Anlage zu einem niedrigeren Windaufkommen auf der Wasseroberfläche führt. Dies ist sogar ein grosser Vorteil, da dies zu einer geringeren Erosion der Ufer zur Folge hat und damit die dortige Vegetation und den Pflanzenwuchs fördert.

Die Ergebnisse haben also viel Positives ergeben. Man ist auch heute noch am forschen, um an weitere Erkenntnisse zu gelangen und auch die Langzeitfolgen abschätzen zu können.

9.3 Klimatische Bedingungen auf eine Solarfloating-Anlage

Eine Solarfloating-Anlage muss einiges an Unwetter aushalten können. Es werden aber vor allem bei der Unterkonstruktion, aber auch bei allen weiteren Komponenten Massnahmen erstellt, damit die klimatischen Bedingungen möglichst nicht beschädigen:

- **Viel Schnee**

1. Massnahme: Die Unterkonstruktion muss für die maximale Schneelast gebaut werden. Mit Messdaten kann man bereits herausfinden, mit welcher Schneelast zu rechnen ist. Dabei gilt bei diesem Material: So viel wie nötig, so wenig wie möglich. Die Unterkonstruktion soll auch nicht zu schwer werden.
2. Massnahme: Die Solarmodule müssen mindestens in einem Winkel von 10 Grad aufstehen, damit der Schnee auch ablaufen kann. Man sollte diese aber auch nicht zu schräg stellen, da dies Auswirkungen auf den Ertrag haben kann.



Bild 67: Anlage auf dem Lac des Toules nach Schneefall.

- **Starker Wind**

1. Massnahme: Die Module dürfen nicht zu schräg gestellt werden, da diese sonst über eine zu grosse Angriffsfläche für den Wind bieten.
2. Massnahme: Die Unterkonstruktion muss die Installation zusammenhalten. So ist Befestigungsmaterial zu verwenden, welches jedem Sturm trotzen kann.
3. Massnahme: Die Unterkonstruktion muss stark angebunden sein. Durch Windmessungen kann man bereits herausfinden, wie stark der Wind in der gewünschten Region sein kann.

- **Starke Regenfälle**

1. Massnahme: Alle Komponenten müssen für starke Regenfälle ausgelegt sein. Zudem sind die Stecker, mit denen die Solarmodule verbunden sind, qualitativ gut zu pressen, damit es nicht zu einem Fehlerfall kommt.
2. Massnahme: Die Unterkonstruktion muss aushalten können, dass der See schwankt. Zwar ist nicht bei jeder Anlage damit zu rechnen, dass diese auf den Grund des Sees gelangt, dennoch ist mit Veränderungen des Seepegels zu rechnen.

- **Starker Wellengang**

1. Massnahme: Auch in diesem Fall gilt, dass die Unterkonstruktion stark angebunden sein muss.
2. Massnahme: Die Unterkonstruktion darf nicht an einem Stück sein. Es ist sinnvoll, mehrere kleine Strukturen zu haben, damit diese auf den Wellen schwimmen können.

- **Saharastaub, welcher die Produktion stört**

1. Massnahme: Falls der Staub über eine längere Dauer auf den Modulen bleibt, so sollte man diese Reinigen. Dies kann man beispielweise mit einem Hochdruckreiniger erledigen.

- **Stausee, welcher ausgetrocknet ist**

1. Massnahme: Falls man auf einem Stausee plant, welcher auch oft ausgetrocknet wird, so muss eine Unterkonstruktion gewählt werden, welche den Schlag auf den Grund des Sees gut aushalten kann. Beispielsweise diese von K2 ist dafür ausgelegt.



Bild 68: Solarfloating-Anlage auf dem Grund des Sees. (Unterkonstruktion von K2)

- **Salzwasser und Korrosion**

1. Massnahme: Das Material ist so zu wählen, dass es über die Anlage über die Dauer von 25 Jahren produzieren kann. Während Aluminium auf einem Schweizer See durchaus sinnvoll ist, kann es im Meer auf einer Offshore-Anlage ein Nachteil sein.



Bild 69: Besonders bei einer Offshore-Anlage müssen alle Komponenten sehr viel aushalten können.

- **Längere Hitzeperiode**

1. Massnahme Es sind Komponenten zu wählen, die längere Hitzeperioden schadlos überstehen. In der Schweiz wird dies weniger zum Fall, jedoch in südlichen Ländern etwas mehr.
Durch die Kühlung des Sees kann man aber sagen, dass die Hitze an einer Solarfloating-Anlage die kleinsten Schäden hervorbringen können.

Es ist wichtig, Messdaten zur Anlage zu haben, um auch zu wissen, wie die Gegebenheit vor Ort ist. Die Natur kann machen, was sie will und vor ihr ist jede Photovoltaikanlage in Gefahr, da immer ein Ereignis geschehen kann, welches die Anlage zerstören kann. Es gilt, das bestmögliche zu tun, um eine Anlage vor Naturereignissen zu schützen.

10. Das Recycling nach der Lebenszeit einer Anlage

Um mit einer Photovoltaikanlage erneuerbaren und umweltschonend Strom zu produzieren, spielt das Recycling auch eine grosse Rolle. Die Komponenten können aus wirtschaftlichen Gründen leider nicht aus der Region bezogen werden, daher ist eine mögliche Wiederverwendung der Materialien umso wichtiger. Die Lebensdauer einer Anlage wird auf 25 Jahre geschätzt, danach müssen mindestens die Solarmodule, Wechselrichter, Kabel, aber auch wohl die Unterkonstruktion ersetzt werden. Die verschiedenen Anlagen bestehen auch aus verschiedenen Unterkonstruktionen. Daher muss man diese auch klar unterscheiden.



Bild 70: Nach der Lebenszeit der Anlage, ist ein gutes Recycling absolut wichtig

10.1 Recycling der Unterkonstruktion

10.1.1 K2 (benutzt auf dem Lac des Toules)

Material: Aluminium, Stahl, Kunststoffe

Zunächst einmal muss das Material voneinander getrennt werden, damit alles sachgemäss recycelt werden kann. Das Aluminium kann danach problemlos eingeschmolzen werden und kann praktisch zu 100 % recycelt werden.

Für die Stabilität wurden bei der Konstruktion von K2 auch Stahlelemente verwendet. Dieses Material kann wie auch bereits Aluminium eingeschmolzen werden und danach gut wiederverwendet werden.

Bei Kunststoffen ist dies jedoch schwieriger und wohl auch teurer, da man für dieses Material in der Regel kein Geld erhält und meist noch draufzahlen muss. Dieser kann in der Regel dann aber gut recycelt werden, indem er zuerst gebündelt wird und danach zerkleinert wird. In einem nächsten Schritt wird gereinigt, getrocknet, granuliert und danach weiterverarbeitet, sodass man neuen Kunststoff daraus gewinnen kann. Durch den Kunststoff PET, welcher längst in unserem Alltag ist, besteht schon eine grosse Erfahrung im Bereich vom Wiederverwerten mit Kunststoff.

10.1.2 Sungrow

Material: Umweltverträglicher Kunststoff, wenig Aluminium

Bei Sungrow hat man den Vorteil, dass vor allem Kunststoff verwendet wird und man dabei nicht viel voneinander trennen muss. Einzig nimmt der Kunststoff beim Abtransportieren viel Platz ein, weshalb bei Abbau wohl mehr Transport notwendig ist als bei anderen Unterkonstruktionen. Der Kunststoff kann danach, wie auch dieser von K2, recycelt werden. Für die Halterung der Module wird einzig Aluminium verwendet. Dieser kann aber relativ einfach vom Kunststoff getrennt werden und ist gut wiederverwendbar.

10.1.3 Ciel & Terre

Material: Kunststoff und Aluminium

Bei Ciel & Terre hat man eine Konstruktion, bei welcher Kunststoff und Aluminium zusammengeführt wurden, was zwar den Vorteil der Konstruktion selbst mit sich bringt, für die Wiederverwertung, dann leider etwas schwieriger erstellt ist. Die beiden Stoffe müssen voneinander getrennt werden, damit es für das Recycling vorsehen kann. Dies muss also von einer Spezialfirma erledigt werden. Danach ist es jedoch kein grosses Problem und man kann beides gut wiederverwerten, wie das bei K2 und Sungrow der Fall ist.

10.2 Recycling von Solarmodulen

Das Recycling von Solarmodulen ist allgemeiner gehalten, wie bei der Unterkonstruktion, da Solarmodule in der Regel alle mehr oder weniger aus demselben Material bestehen.

Die Solarmodule sind genauer gesagt kristalline Silizium-Module und bestehen zu 90 % aus Glas (Siliziumdioxid). Die anderen Schichten bestehen aus Silizium-Wafer, Verbundfolien, wenig Metall und je nach Modul einer Rückseitenfolie (bei bifazialen Modulen nicht der Fall).

Die Silizium-Wafer werden zusammen mit dem Glas wiederaufbereitet. Sie können für die Produktion von Flachglas oder dem Baudämmstoff aus Glaswolle wiederverwendet werden. Falls eine Rückseitenfolie vorhanden ist, wird dieser verbrannt, um Strom oder Wärme für die

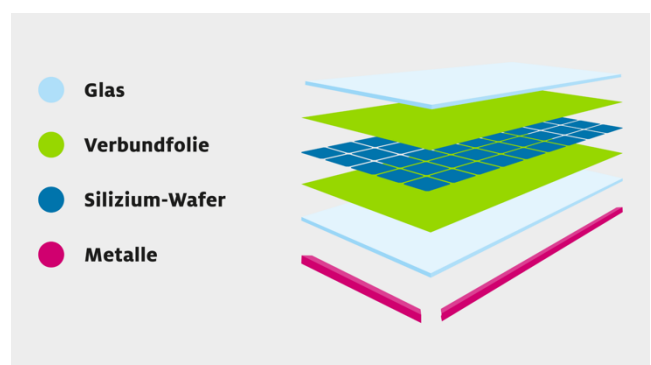


Bild 71: Aufbau von einem Solarmodul

Zementproduktion zu erzeugen. Das Metall wird extrahiert und für die Wiederverwertung in Schmelzwerke verschiedene Orte von Europa transportiert.

Durch den grossen Ausbau der Photovoltaik in der Schweiz, macht man sich vor allem im Bereich der Solarmodule gross Gedanken, damit man diese künftig in irgendeiner Form gut wiederverwenden kann. Daher ist in diesem Fall auch bereits die Firma SENS in der Schweiz entstanden, die sich auf genau diese Thematik spezialisiert hat und daran arbeitet, dass je länger je mehr Solarmodule gut recycelt werden können.

10.3 Recycling von Kabeln (AC und DC)

Beim Recycling von Kabeln ist bereits sehr weit, da man besonders bei AC-Kabeln mehrere Jahrzehnte Erfahrung hat. In den meisten Fällen hat man ein Isolationsstoff, welcher um das Kabel gewickelt ist und meist aus Kunststoff auf PVC-Basis besteht. Diese müssen von Spezialfirmen verbrannt werden, sodass nur noch der Kupfer oder das Aluminium vorhanden ist. Beides kann wiederaufbereitet werden und somit gut wiederverwendbar. Dazu kann man je nach Preis, welcher der das Material hat, gut etwas daran verdienen.

10.4 Recycling von Wechselrichtern

Um etwas an Wechselrichtern wiederverwenden zu können, werden diese in einzelne Baugruppen zerlegt. Dabei fallen Eisen, Kunststoffe, Trafoschrott und Platinen an. Aus dem Trafoschrott werden Materialien wie Kupfer, Eisen und Edelmetalle wiedergewonnen. Dazu wird der Trafo geschreddert und das Eisen magnetisch abgetrennt. Das Kupfer, welches darin anfällt, wird auch in diesem Fall eingeschmolzen und wiederverwendet. Die Platinen werden zuerst zerkleinert. Danach werden die Eisenmetalle, das Aluminium und die Edelmetalle davon getrennt. Einzig die organischen Substanzen werden in der Regel verbrannt.

10.5 Die Wirtschaftlichkeit des Recyclings

Recycling ist oft nicht wirtschaftlich. Jedoch gibt es vieles, was auch grundsätzlich kostenfrei recycelt wird.

Die Solarmodule können kostenfrei bei der Firma SENS abgegeben werden. Zudem bezahlt man im Modulpreis bereits die vorgezogene Recyclinggebühr (vRG), weshalb dies dem Unternehmen, welches das Modul abgibt, nichts kosten darf.

Bei dem Wechselrichter ist dies auch der Fall. Dieser darf dem Verkäufer zurückgegeben werden, da auch in diesem Fall die vorgezogene Recyclinggebühr (vRG) bezahlt wurde.

Mit den Kabeln und dem Material der Unterkonstruktion lässt dich je nach Materialpreis noch etwas Geld verdienen.

Was am Recycling aber teuer ist und nicht ausser Acht gelassen werden darf, ist die Arbeit, die dahintersteckt. Es werden wieder Arbeitskräfte und Transportmittel benötigt, um eine Solarfloating-Anlage verschwinden zu lassen und diese sind in keiner Recyclinggebühr enthalten. Daher darf man diese Kosten dabei nicht vergessen.

11. Zukunftsaussichten

11.1 Der sinkende Rückspeisetarif

Die Abstimmung vom 9. Juni 2024 (ersichtlich im Kapitel 8.2.2) hat einige grosse Vorteile für Grossanlagen mit sich gebracht. Von grosser Bedeutung darin ist vor allem, dass grössere und alpine Anlagen gebaut werden sollen. Diese Abstimmung nahm aber eine Mindestvergütung mit sich. Diese wurde vom Bundesrat bei PV-Anlagen mit Eigenverbrauch auf 4.6 Rappen/kWh gesetzt. Bei Anlagen ohne Eigenverbrauch, wie das bei der Solarfloating-Anlage der Fall ist, wurde der Tarif auf 6.7 Rappen/kWh gesetzt. Die Verordnung ist noch nicht durch, könnte bei einer Annahme des Bundesrats Ende dem Jahr 2024 zu Veränderungen in der Photovoltaikbranche führen.

11.2 Die Bevölkerung, die mitziehen muss

Es ist am Ende die Bevölkerung, die für die Zukunft der Energie mitziehen muss. Um eine sichere und erneuerbare Stromversorgung gewährleisten zu können, ist es absolut notwendig, dass die Bevölkerung Kompromisse eingehen muss. Eine Freifläche der Natur wird wohl so oder so erhalten müssen, damit wir Strom produzieren können. Es gilt, die kritischen Stimmen gegenüber neuen Konzepten zur Stromproduktion ernst zu nehmen, dennoch ist man aber auch auf ihre Kompromissbereitschaft angewiesen, um künftig anders Strom zu produzieren.

11.3 Politische Unterstützung

Um Solarfloating-Anlagen vorantreiben zu können, ist auch der politische Wille nötig. Dieser lässt solche Projekte auch wirtschaftlich entstehen und kann viele Prozesse durch eine Anpassung der Verordnungen vereinfachen. Die Richtung, welchen Weg die Schweizer Bevölkerung gehen will, wurde Mitte Juni 2024 bereits gut ersichtlich. Nun ist die Politik daran, den Volkswillen umzusetzen. Auch künftig wird die Zukunft unserer Energie eine grosse Rolle in der Politik spielen.

11.4 Technologische Entwicklungen

Die Branche der Photovoltaik ist bereits sehr stark entwickelt, dies auch vor allem durch die grosse Nachfrage der letzten Jahre. Bei den Solarmodulen ist eine immer grössere Leistung möglich. Jahr für Jahr sind andere Module erhältlich, die wieder mehr Leistung mit sich bringen. Aber auch besonders im Bereich der Energiespeicher wird es interessant zu sehen sein, welchen Weg man einschlagen wird. Unter Umständen könnten in den nächsten Jahren auch Batteriespeicher an solche Grossanlagen angeschlossen werden, um dann Strom zu liefern, wenn er gebraucht wird. Derzeit würde dies aus der wirtschaftlichen Sicht noch eher kein Sinn ergeben. Da die Batteriepreise jedoch sinken, kann man sich dies dennoch als Möglichkeit offenhalten.

11.5 Produkte und Komponenten werden günstiger

Die Produkte und Komponenten, die für eine Photovoltaikanlage gebraucht werden, wurden in der letzten Zeit immer günstiger. Zwar hängt dies einerseits mit dem Druck von China zusammen, da diese ihre Industrie stark fördern. Andererseits kommt es aber auch von der Nachfrage, welche hier sehr stark gewachsen ist. Durch diese Nachfrage wurden umso mehr Massenproduktionen erstellt, womit man auch günstiger produzieren kann. Besonders die Solarmodule sind daher die letzten Jahre beim Preis stark gesunken. Durch die Nachfrage an Solarfloating, ist auch da möglich, dass Komponenten für diese Art von Anlage künftig günstiger werden und damit die Wirtschaftlichkeit der Anlagen steigt.

12. Schlussfolgerungen

12.1 Potential Schweizer Solarfloating-Anlagen

Solarfloating-Anlagen in der Schweiz haben nicht nur aus technischer, sondern auch aus wirtschaftlicher Sicht ein Potential in der Schweiz. Anhand der erstellten Anlagenkonzepte wurde ersichtlich, dass solche Anlagen durchaus Sinn ergeben und für mehr erneuerbare Energie sorgen können. Wie erwartet ist besonders im Sommer die Produktion am höchsten, doch auch im Winter kann man einen grossen und bedeutsamen Teil zur Energiesicherheit des Landes beitragen.

Die Schweiz, als Land mit vielen Seen und insbesondere Stauseen, hat ein grosses Potential, solche Anlagen zu errichten. Zwar kann man nicht in derselben Grösse bauen wie im Ausland, dennoch kommt man anhand der Anlagenkonzepte auf eine gute Stromproduktion.

12.2 Beitrag zur Energiesicherheit der Schweiz

Besonders in den Wintermonaten kann eine Solarfloating-Anlage in der Schweiz einen wichtigen Beitrag zur Energiesicherheit leisten. Während es die Solarmodule gerne kühl haben, kann man in dieser Zeit gut Strom produzieren.

12.3 Hersteller von Unterkonstruktionen, mit wenig Informationen

Die Hersteller, die Unterkonstruktionen für Solarfloating-Anlagen produzieren, geben sich derzeit leider noch etwas bedeckt. Zwar ist es einfach, an Bilder und Informationen von Referenzanlagen zu gelangen. Schwierig ist es jedoch, an Datenblätter, Erfahrungsberichte und Preise für die jeweiligen Komponenten zu kommen. Über eine längere Zeit wurden die Hersteller mehrmals kontaktiert, dies aber ohne Erfolg. So wurde es schwierig, Informationen über die so wichtige Unterkonstruktion zu erhalten.

12.4 Erfahrungen aus dem Lac des Toules

Wohl durch die hohe Arbeitsbelastung der Firma Romande Energie, konnte das Interview leider nicht wie gewünscht stattfinden. Die Anfrage ist jedoch erfolgt (siehe Anhang 3). Durch den Hinweis auf das bereits bestehende Interview und den detaillierten Erfahrungsbericht konnten wichtige Erkenntnisse zu dieser Anlage erlangt werden.

12.5 Fazit

Mit der Erstellung dieser Arbeit konnte ich aufzeigen, wo die Möglichkeiten einer Solarfloating-Anlage stehen. Es werden weltweit immer mehr solche Anlagen gebaut und auch in der Schweiz besteht definitiv die Möglichkeit, dass noch weitere Anlagen dazu kommen. Wichtig wird, dass die Bevölkerung dabei mitzieht und daran glaubt, dass dies auch wirklich eine zukunftssträchtige Anlage sein kann. Ohne die Bevölkerung wird man wohl nicht weit kommen.

Technisch gesehen eignen sich viele Seen der Schweiz. Die Anbindung kann vielerorts gut vorgesehen werden und meist herrscht nicht zu viel Wind, um eine Anlage erstellen zu können.

Nicht ausser Acht lassen darf man die Wirtschaftlichkeit, denn auch diese ist ein sehr wichtiger Bestandteil. Anhand der derzeitigen Rücklieferpreise kann eine Anlage wirtschaftlich sein. Falls diese Preise in Zukunft aber kleiner werden, so wird eine Anlage auch weniger rentabel. Es lässt sich schwierig prognostizieren, wie dies in Zukunft aussehen wird.

12.6 Danksagungen

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen Personen und Firmen bedanken, die mich bei der Erstellung meiner Diplomarbeit unterstützt haben.

Ein besonderer Dank gilt Nicolas Stankowski, welcher die Weichen für meine Diplomarbeit anhand des ersten Besprechungstermins gut gesetzt hat, sodass ich wusste, in welche Richtung es gehen sollte.

Ebenso möchte ich mich bei der Firma Romande Energie SA bedanken, die mir einen wertvollen Erfahrungsbericht ihrer Solarfloating-Anlage senden konnten. Mit diesem Erfahrungsbericht konnte ich viele Erkenntnisse der bereits bestehenden Anlage im Wallis gewinnen.

Zudem bedanke ich mich bei meinem Unternehmen, dem Elektrizitätswerk Jona-Rapperswil AG, für die Bereitstellung der Software, um die Anlagenkonzepte auch simulieren zu können, sodass auch der Ertrag davon ersichtlich wurde.

12.7 Kommentar zu KI

Die Diplomarbeit wurde grösstenteils ohne künstliche Intelligenz erstellt. Einzig im Anhang 3 «Mailverlauf mit Romande Energie» wurde KI verwendet, da Romande Energie ein Unternehmen im französischen Teil der Schweiz ist und die Übersetzungen mit KI erstellt wurden.

Die Stellen sind Dunkelbraun deklariert.

12.8 Kommentar zu Polysun

Um die Erträge bei den Anlagenkonzepten aufzuzeigen, wurde das Tool «SolarProTool» verwendet, welches mit Polysun zusammenarbeitet. Dabei handelt es sich nicht direkt um KI, sondern um bestehende Messwerte in der ganzen Schweiz, mit welchen das jeweilige Anlagenkonzept ausgerechnet wurde.

12.9 Der Weg zum Ziel/Lessons learnt

Diese Arbeit hat aufgezeigt, wo das Potential von Schweizer Solarfloating-Anlagen ist. Es wurde aufgezeigt, wie viel die Förderung für eine Anlage ausmachen kann. Dazu wurde ersichtlich, dass nicht gleich jede Anlage wirtschaftlich ist. Auch der Rückliefertarif wird in den nächsten Jahren viel ausmachen, denn vor allem von diesem ist die Wirtschaftlichkeit stark abhängig. Weitere Anlagen in der Schweiz sind auch aufgrund den Erkenntnissen dieser Diplomarbeit möglich. Wie aber schon erwähnt, würde die Bevölkerung dafür eine grosse Rolle spielen. In der Umfrage gingen spannende und aber auch kritische Stimmen hervor.

Durch viele Berichte, die im Internet bereits vorhanden waren, konnte man bereits viel in Erfahrung bringen. Dies hat auf dem Weg sehr geholfen. Die Produkte und Komponenten (bis auf die Unterkonstruktion) waren sehr gut ersichtlich und man konnte sich anhand dieser Daten eine gute Meinung bilden. Auch eine grosse Hilfe war das Programm mit Polysun. Mit diesem konnte ich die Erträge eines Anlagenkonzeptes bereits gut ausrechnen. So konnte man gut sehen, wie effektiv eine solche Anlage sein kann.

In einer nächsten Arbeit sollte ich wohl mit etwas mehr Druck Unternehmen kontaktieren. Hätten Unternehmen wie K2, Sungrow oder Romande Energie effektiv zurückgeschrieben, so wären wohl noch mehr Erkenntnisse vorhanden gewesen, denn vor allem im Bereich der Unterkonstruktion hätte ich mir mehr Daten gewünscht. Dies hatte dann auch zur Folge, dass der Gesamtpreis in einem Anlagenkonzept nur geschätzt werden konnte. Diese Unternehmen wurden mehrmals kontaktiert, dennoch wäre wohl noch mehr Druck möglich gewesen.

Wären mehr Informationen vorhanden gewesen, so hätte man auch die Anlagenkonzepte etwas detaillierter erstellen können. Solche würde ich in einer künftigen Arbeit gerne etwas präzisieren.

Alles in allem hätte man wohl auf ein paar Unterthemen dieser Arbeit wohl noch detaillierter eingehen können, dennoch bin ich mit dem Ergebnis zufrieden und hoffe, dass die Leserinnen und Leser anhand dieser Arbeit weitere Erkenntnisse zum Thema Solarfloating gewinnen.

Literaturverzeichnis

Interview Lac des Toules (Seite 18-19): <https://energieaplus.com/2023/06/14/une-centrale-flottante-appelee-a-grandir/?translateto=de>

Literatur:

www.baywa-re.de

www.swissolar.ch

<https://www.baywa-re.de/de/unternehmen/news/details/erste-erkenntnisse-zu-umweltauswirkungen-von-floating-pv>

<https://www.swissolar.ch/de/wissen/anlagenbetrieb/entsorgung-und-recycling>

<https://digitalcollection.zhaw.ch/handle/11475/29140>

<https://www.ee-news.ch/de/article/51188/romande-energie-3-jahre-schwimmender-apliner-solarpark-auf-dem-lac-destoules-jahresproduktion-von-1400-kwh-installiertem-kilowatt>

<https://www.rwe.com/forschung-und-entwicklung/solarenergie-projekte/offshore-solarenergie/>

<https://www.pv-magazine.de/2024/07/04/rwe-und-solarduck-installieren-offshore-photovoltaik-pilotprojekt-vor-niederlaendischer-kueste/>

<https://www.baywa-re.com/de/news/details/erste-erkenntnisse-zu-umweltauswirkungen-von-floating-pv>

<https://www.baywa-re.com/de/news/details/erste-erkenntnisse-zu-umweltauswirkungen-von-floating-pv>

https://de.wikipedia.org/wiki/Schwimmende_Photovoltaiik

<https://houseofswitzerland.org/de/swissstories/umwelt/schweiz-hat-weltweit-erste-hochgelegene-schwimmende-solaranlage>

<https://www.solaredge.com/de/gewerbe/anwendungsfelder/floating-pv>

<https://digitalcollection.zhaw.ch/items/56595b03-f081-47d8-a17f-fb0c1d962dfa>

<https://www.solarmarkt.ch/de>

<https://www.nkt.de/>

<https://www.fronius.com/de-ch/switzerland/solarenergie/installateure-partner/technische-daten/alle-produkte/wechselrichter/fronius-tauro-eco/tauro-eco-100-3-d>

<https://www.helukabel.ch/ch-de/Startseite/>

Solarfloating auf einem Schweizer Stausee

<https://ger.sungrowpower.com/ProductsHome/0>

https://solar.huawei.com/download?p=%2F-%2Fmedia%2FSolarV4%2Fsolar-version%2FEurope%2Fde%2Fprofessionals%2Fall-products%2Fsmart-micro-grid%2Fsmart-pv-controller%2Fdatasheet%2FHUAWEI_Datenblatt_SUN2000_330KTL_H1_20230808.pdf

<https://www.erecycling.ch/wissenswertes/wissensblog/fach-94.html>

<https://www.erecycling.ch/wissenswertes/Dossiers/PV.html>

<https://www.nzz.ch/wissenschaft/photovoltaik-auf-stauseen-schwimmende-module-in-den-alpen-liefern-strom-ld.1745924>

<https://www.edp.com/en/news/edps-pioneer-floating-solar-power-plant-alqueva-ready-start-producing-energy>

<https://www.weforum.org/agenda/2022/05/portugal-europe-floating-solar-farm-renewable-energy/>

https://www.swissinfo.ch/ger/wirtschaft/erneuerbare-energien_schwimmende-solarparks-weltpremiere-in-den-schweizer-alpen/46120682

<https://www.pv2float.net/>

<https://k2-systems.com/produktloesungen/referenzen/k2-unterkonstruktion-auf-der-weltweit-ersten-schwimmenden-solaranlage-im-gebirge/>

<https://www.solarmarkt.ch/de/trina-vertex-s-tsm-440neg9rc-27-bifacial-doppelglas-bf-r30-evo2>

<https://thommen.ch/de/kabel-entsorgen>

<https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/abfall/fachinformationen/abfallpolitik-und-massnahmen/vollzugshilfe-ueber-den-verkehr-mit-sonderabfaellen-und-anderen-/umweltvertraegliche-entsorgung-von-sonderabfaellen-und-anderen-k/umweltvertraegliche-entsorgung-von-metallischen-abfaellen/aufbereitung-und-entsorgung-von-alkabel.html>

<https://www.swissolar.ch/de/wissen/anlagenbetrieb/entsorgung-und-recycling>

<https://www.energie-experten.ch/de/wissen/detail/so-funktioniert-das-recycling-von-photovoltaikanlagen.html>

<https://www.solaireflottant-lestoules.ch/>

https://www.schweizersee.ch/lac_des_dix/

https://de.wikipedia.org/wiki/Lac_des_Dix

<https://de.wikipedia.org/wiki/Sihlsee>

<https://www.eyz.swiss/de/besuchen/touren-ausfluege/staumauer-besichtigung-sihlsee>

Solarfloating auf einem Schweizer Stausee

<https://www.ekz.ch/de/kundenservice/self-service/tarife-landing.html>

<https://www.ekz.ch/de/ueber-ekz/unternehmen/ekz/versorgungsgebiet.html>

<https://www.romande-energie.ch/>

<https://ciel-et-terre.net/floating-solar/>

<https://pronovo.ch/de/foerderung/einmalverguetung-eiv/auktionen/>

<https://www.admin.ch/gov/de/start/dokumentation/medienmitteilungen.msg-id-93104.html>

<https://www.sses.ch/de/medienmitteilung-auktionen-fuer-grosse-pv-anlagen-erfuellen-erwartungen-nicht/>

<https://oiken.ch/>

<https://www.sion.ch/sectionscommunales/22028>

<https://www.admin.ch/gov/de/start/dokumentation/medienmitteilungen.msg-id-99024.html>

<https://www.solarisfloat.com/>

<https://www.solar-log.com/newscenter/energiemanagement-blog/unternehmen/floating-solar-hier-schwimmt-die-energie>

<https://www.sl-fp.ch/admin/data/files/asset/file/281/201203-leitfaden-solarenergie-2020-version-finale-1.3.pdf?lm=1624013424>

https://www.natur-und-erneuerbare.de/fileadmin/Daten/Download_Dokumente/01_Skripte/BfN_Schriften-685-Floating-PV_2024.pdf

<https://www.bfn.de/haeufig-gefragt-auswirkungen-von-schwimmenden-pv-anlagen-auf-natur-und-landschaft>

Studien:

Umweltauswirkungen: Literaturstudie, 12. November 2021 Auswirkungen von Freiflächen-Photovoltaikanlagen auf Biodiversität und Umwelt

<https://digitalcollection.zhaw.ch/server/api/core/bitstreams/d9360230-64b7-4b95-89ca-abc94a7bfb4e/content>

Erfahrungsberichte:

<https://energieaplus.com/2023/06/14/une-centrale-flottante-appellee-a-grandir/>

Solarfloating auf einem Schweizer Stausee

<https://www.aramis.admin.ch/Default?DocumentID=50395&Load=true>

<https://www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=44236&Sprache=fr-CH>

<https://www.aramis.admin.ch/Default?DocumentID=70270&Load=true>

Abbildungsverzeichnis

Deckblatt Hintergrundbild: <https://houseofswitzerland.org/de/swissstories/umwelt/schweiz-hat-weltweit-erste-hochgelegene-schwimmende-solaranlage>

Bild 1: <https://www.nzz.ch/wissenschaft/photovoltaik-auf-stauseen-schwimmende-module-in-den-alpen-liefern-strom-ld.1745924>

Bild 2: <https://k2-systems.com/en/product-solutions/references/k2-substructure-on-the-worlds-first-floating-solar-installation-in-the-mountains/>

Bild 3: Screenshot aus Video: <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=UkoZxSYvR1o>

Bild 4: Screenshot aus Video: <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=UkoZxSYvR1o>

Bild 5: <https://www.rechargenews.com/solar/ciel-terre-leads-brazils-10mw-floating-solar-bid/1-1-869221>

Bild 6: <https://www.solarmarkt.ch/de/trina-vertex-s-tsm-440neg9rc-27-bifacial-doppelglas-bf-r30-evo2>

Bild 7: <https://www.iwssolar.ch/solarmodul-meyer-burger-glass-390-wp/>

Bild 8: <https://axitecsolar.com/solarmodule-von-axitec>

Bild 9: <https://www.pvo-int.com/de/product/dc-kabel/>

Bild 10: <https://www.nexans.co/en/products/Sistemas-Solares/Granjas-Solares/Cable-solar-premium-H1Z2Z2-K/H1Z2Z2-K.html>

Bild 11: <https://www.nexans.ch/en/Products/Electricity-transmission-and-distribution/Underground/XKDT-YT-AI11687.html>

Bild 12: <https://www.nkt.de/produkte-loesungen/mittelspannung/mittelspannungskabel>

Bild 13: <https://www.memodo.de/wechselrichter/sungrow/5364/sungrow-sg250hx>

Bild 14: <https://pnsolar.en.made-in-china.com/product/cxoRHhIvbgUy/China-Huawei-Sun2000-300ktl-H0-Huawei-on-Grid-Three-Phase-Solar-Inverter-DC-AC-Inverters.html>

Bild 15: <https://www.fronius.com/de-ch/switzerland/solarenergie/installateure-partner/technische-daten/alle-produkte/wechselrichter/fronius-tauro-eco/tauro-eco-100-3-d>

Bild 16: <https://www.rwe.com/presse/rwe-renewables/2022-07-01-cod-floating-pv-project-amer/>

Bild 17: <https://www.lenouvelliste.ch/valais/bas-valais/entremont-district/bourg-saint-pierre-commune/parc-solaire-du-lac-des-toules-moins-de-production-que-prevu-apres-3-ans-d-exploitation-1283438>

Solarfloating auf einem Schweizer Stausee

Bild 18: <https://houseofswitzerland.org/de/swissstories/umwelt/schweiz-hat-weltweit-erste-hochgelegene-schwimmende-solaranlage>

Bild 19: <https://www.tagesspiegel.de/wissen/schwimmende-solaranlage-auf-stausee-der-solarpark-braucht-nur-halb-so-viel-flache-wie-an-land-482946.html>

Bild 20: <https://www.rwe.com/forschung-und-entwicklung/solarenergie-projekte/offshore-solarenergie/merganser/>

Bild 21: Screenshot aus Dokument «FÖRDERUNG VON PHOTOVOLTAIKANLAGEN EINMALVERGÜTUNG UND BONI»

<https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/foerderung/erneuerbare-energien/einmalverguetung.html>

Bild 22: Screenshot aus der Energieförderungsverordnung (EnFV)

<https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/2017/766/de>

Bild 23: Auszug aus Geoportal:

[https://map.geo.sz.ch/?lang=de&baselayer_ref=Landeskarte%20farbig%20\(aktuell\)&map_x=2704416&map_y=1216944&map_zoom=4](https://map.geo.sz.ch/?lang=de&baselayer_ref=Landeskarte%20farbig%20(aktuell)&map_x=2704416&map_y=1216944&map_zoom=4)

Bild 24: Auszug aus: <https://wind-data.ch/windkarte/>

Bild 25: Auszug aus: <https://wind-data.ch/windkarte/>

Bild 26: Private Bilder von Sven Albicker

Bild 27: Private Bilder von Sven Albicker

Bild 28: Auszug aus Projektbericht, erstellt von Sven Albicker

Bild 29: Skizze erstellt von Sven Albicker, Bild aus Projektbericht

Bild 30: Skizze erstellt von Sven Albicker, Bild aus Projektbericht

Bild 31: Auszug aus Geoportal:

[https://map.geo.sz.ch/?lang=de&baselayer_ref=Landeskarte%20farbig%20\(aktuell\)&map_x=2704416&map_y=1216944&map_zoom=4](https://map.geo.sz.ch/?lang=de&baselayer_ref=Landeskarte%20farbig%20(aktuell)&map_x=2704416&map_y=1216944&map_zoom=4)

Bild 32: Auszug aus Projektbericht, erstellt von Sven Albicker

Bild 33: Auszug aus Projektbericht, erstellt von Sven Albicker

Bild 34: Berechnung aus Pronovo Tarifrechner: <https://pronovo.ch/de/services/tarifrechner/>

Bild 35: Wirtschaftlichkeitsberechnungstool Excel von Swissolar

<https://www.swissolar.ch/de/angebot/tools-und-vorlagen/wirtschaftlichkeitsrechner>

Solarfloating auf einem Schweizer Stausee

Bild 36: Wirtschaftlichkeitsberechnungstool Excel von Swissolar

<https://www.swissolar.ch/de/angebot/tools-und-vorlagen/wirtschaftlichkeitsrechner>

Bild 37: Auszug aus dem Geoportal: <https://www.vsgis.ch/>

Bild 38: Auszug aus dem Geoportal: <https://www.vsgis.ch/>

Bild 39: Auszug aus: <https://wind-data.ch/windkarte/>

Bild 40: <https://www.hotel-barrage.ch/de/>

Bild 41: Auszug aus Projektbericht, erstellt von Sven Albicker

Bild 42: Auszug aus Projektbericht, erstellt von Sven Albicker

Bild 43: Skizze erstellt von Sven Albicker, Bild aus Projektbericht

Bild 44: Auszug aus Projektbericht, erstellt von Sven Albicker

Bild 45: Auszug aus Projektbericht, erstellt von Sven Albicker

Bild 46: Berechnung aus Pronovo Tarifrechner: <https://pronovo.ch/de/services/tarifrechner/>

Bild 47: Wirtschaftlichkeitsberechnungstool Excel von Swissolar

<https://www.swissolar.ch/de/angebot/tools-und-vorlagen/wirtschaftlichkeitsrechner>

Bild 48: Wirtschaftlichkeitsberechnungstool Excel von Swissolar

<https://www.swissolar.ch/de/angebot/tools-und-vorlagen/wirtschaftlichkeitsrechner>

Bild 49: Wirtschaftlichkeitsberechnungstool Excel von Swissolar

<https://www.swissolar.ch/de/angebot/tools-und-vorlagen/wirtschaftlichkeitsrechner>

Bild 50: Wirtschaftlichkeitsberechnungstool Excel von Swissolar

<https://www.swissolar.ch/de/angebot/tools-und-vorlagen/wirtschaftlichkeitsrechner>

Bild 51: Screenshot der Auswertung der Umfrage:

<https://my.survio.com/E4A9O8I5O8M3J0U8G2I8/results>

Bild 52: Screenshot der Auswertung der Umfrage:

<https://my.survio.com/E4A9O8I5O8M3J0U8G2I8/results>

Bild 53: Screenshot der Auswertung der Umfrage:

<https://my.survio.com/E4A9O8I5O8M3J0U8G2I8/results>

Bild 54: Screenshot der Auswertung der Umfrage:

<https://my.survio.com/E4A9O8I5O8M3J0U8G2I8/results>

Bild 55: Screenshot der Auswertung der Umfrage:

<https://my.survio.com/E4A9O8I5O8M3J0U8G2I8/results>

Solarfloating auf einem Schweizer Stausee

Bild 56: Screenshot der Auswertung der Umfrage:

<https://my.surveio.com/E4A9O8I5O8M3J0U8G2I8/results>

Bild 57: Screenshot der Auswertung der Umfrage:

<https://my.surveio.com/E4A9O8I5O8M3J0U8G2I8/results>

Bild 58: Screenshot der Auswertung der Umfrage:

<https://my.surveio.com/E4A9O8I5O8M3J0U8G2I8/results>

Bild 59: Screenshot der Auswertung der Umfrage:

<https://my.surveio.com/E4A9O8I5O8M3J0U8G2I8/results>

Bild 60: Screenshot der Auswertung der Umfrage:

<https://my.surveio.com/E4A9O8I5O8M3J0U8G2I8/results>

Bild 61: Screenshot der Auswertung der Umfrage:

<https://my.surveio.com/E4A9O8I5O8M3J0U8G2I8/results>

Bild 62: Screenshot der Auswertung der Umfrage:

<https://my.surveio.com/E4A9O8I5O8M3J0U8G2I8/results>

Bild 63: Screenshot der Auswertung der Umfrage:

<https://my.surveio.com/E4A9O8I5O8M3J0U8G2I8/results>

Bild 64: Screenshot der Auswertung der Umfrage:

<https://my.surveio.com/E4A9O8I5O8M3J0U8G2I8/results>

Bild 65: Screenshot der Auswertung der Umfrage:

<https://my.surveio.com/E4A9O8I5O8M3J0U8G2I8/results>

Bild 66: <https://digitalcollection.zhaw.ch/items/56595b03-f081-47d8-a17f-fb0c1d962dfa>

Bild 67: <https://www.srf.ch/news/schweiz/solaranlage-in-den-bergen-soll-man-fuer-stromproduktion-unberuehrte-natur-ueberbauen>

Bild 68: <https://new.abb.com/news/detail/52590/abb-powers-pioneering-floating-solar-plant-in-switzerland>

Bild 69: <https://cleantechnica.com/2023/12/21/floating-solar-offshore-wind-north-sea-europe/>

Bild 70: <https://www.energie-experten.ch/de/wissen/detail/so-funktioniert-das-recycling-von-photovoltaikanlagen.html>

Bild 71: <https://www.erecycling.ch/wissenswertes/wissensblog/pv-recycling.html>

Anhang

Anhang 1

Protokoll

1. Besprechungstermin der Diplomarbeit

Teilnehmer: Nicolas Stankowski (Diplomcoach), Sven Albicker (Student und Autor der Diplomarbeit)

Datum: Donnerstag, 08.08.2024 **Zeit:** 16:30 Uhr

Ort: Microsoft Teams

Das Gespräch

Der erste Besprechungstermin der Diplomarbeit mit Nicolas Stankowski und Sven Albicker fand am Donnerstag, dem 8. August 2024 über Teams statt. Dabei hat vor allem Nicolas viele Tipps gegeben und einen grossen Input gegeben. Er hat viele Punkte erwähnt, die ihm bei einer Diplomarbeit wichtig sind, darunter wurden folgende genannt:

- Verwendung von vielen Bildern und Skizzen
- Die Bilder müssen immer auch beschriftet werden
- Die Mikrosite darf nicht vernachlässigt werden
- Das Niveau sollte möglichst hoch sein
- Es sollte mit Varianten gearbeitet werden

Es wurden vor allem viele Inputs gegeben und noch etwas wenig Fragen gestellt. Das Gespräch hat ca. 30 Minuten gedauert.

Der nächste Besprechungstermin wird stattfinden, wenn die Diplomarbeit ca. 80-90% fertig ist.

Anhang 2

2. Besprechungstermin der Diplomarbeit

Teilnehmer: Nicolas Stankowski (Diplomcoach), Sven Albicker (Student und Autor der Diplomarbeit)

Datum: Montag, 07.10.2024 **Zeit:** 16:30 Uhr

Ort: Microsoft Teams

Das Gespräch

Es wurden folgende Fragen gestellt und beantwortet (Zusammenfassung):

- Was ist ein Pflichtenheft genau? Ein Pflichtenheft beinhaltet die Ziele, also Soll-Ziele, aber auch nice-to-have Ziele, die für die Arbeit relevant sind.
- Wird ein Projektbericht (ca. 40 Seiten lang) im Anhang verlangt) Nicht unbedingt der ganze Teil, aber die relevantesten Ergebnisse.
- Sollen auch unbeantwortete Mails in den Anhang? Diese müssen nicht unbedingt hineingenommen werden.
- Soll der Ausdruck der Arbeit ein- oder beidseitig erfolgen? Einseitig.

Dazu wurden von Nicolas Stankowski folgende Punkte erwähnt:

- Die Ergebnisse der Arbeit sollten noch etwas besser begründet werden → weshalb man sich für eine Variante entschieden hat.
- Berechnungen eher in den Anhang nehmen.
- Viele Bilder verwenden, die auch gross in der Arbeit erscheinen dürfen.
- Die Arbeit sollte auch grafisch etwas hergeben.
- Da keine Herstellerinformationen der Unterkonstruktionen: Internetsuche auf Internetblogs, um eventuell auf Ergebnisse zu kommen.
- Die Fragen, die beantwortet werden sollten:
Wieso eine PV-Anlage auf einer Freifläche in den Alpen?
Welche Wetterereignisse müssen solche Anlagen standhalten und durch was halten diese das aus?

Somit wurden alle Fragen geklärt und es ist zum Endspurt der Diplomarbeit gekommen.

Anhang 3

Mailverlauf mit Romande Energie

Bonjour M.Albicker,

Merci pour les questions ! Je vois que certaines questions sont sur le déroulement du projet sur lesquels je ne peux pas vous répondre mais je vais transférer vos questions au bonnes personnes afin qu'elles y répondent. De mon côté, je me suis plutôt occupé de l'exploitation et de la maintenance de la centrale dès sa mise en service et je répondrai donc à ces questions. J'espère pouvoir revenir vers vous dans le courant du mois de septembre.

Meilleures salutations.

Mirko Stjepić

O&M Manager Electrique

Photovoltaïque, Microgrids & Regroupements, Mobilité Electrique, Eolien

Romande Energie SA

Route d'Evian 39

1845 Noville

Tél. direct : [+41 21 802 98 21](tel:+41218029821)

Mobile : [+41 76 491 47 49](tel:+41764914749)



Vers un avenir durable.

Solarfloating auf einem Schweizer Stausee

Ce message est uniquement destiné à la/aux personne/s à laquelle/auxquelles il est adressé. Toute divulgation, copie ou autre usage d'un message et de ses annexes par une personne non autorisée est strictement interdit. Si vous recevez un tel message par erreur, nous vous remercions d'en aviser l'expéditeur avant de le supprimer.

De : Sven Albicker <sven.albicker@outlook.com>

Envoyé : samedi, 24 août 2024 16:47

À : Stjepic Mirko <Mirko.Stjepic@romande-energie.ch>

Objet : AW: Solarfloating en Suisse

Bonjour M. Stjepic

Merci pour votre retour. Ils m'aident beaucoup à faire beaucoup avancer ma thèse. Comme j'habite en Suisse alémanique et que je ne parle pas bien français, une enquête sur place serait malheureusement un peu difficile.

Je voudrais vous poser les questions suivantes :

- Quel rôle avez-vous joué dans le projet de centrale solaire flottante sur le Lac des Toules VS?
- Selon vous, quel a été le plus grand défi dans la construction d'une telle installation?
- A-t-il été difficile d'obtenir une décision positive concernant la demande de permis de construire ? Y a-t-il eu d'autres obstacles auxquels la communauté a été confrontée ?
- Une nouvelle ligne d'alimentation électrique a-t-elle dû être construite pour le système ?
- Y a-t-il eu des objections avant le projet ?
- Quelles adaptations particulières ont dû être apportées en raison des conditions climatiques suisses?
- Quelles réglementations environnementales ont dû être prises en compte lors de la planification et de l'installation du système?
- Comment s'effectue le nettoyage des modules solaires pour maintenir l'efficacité du système?
- Continueriez-vous à orienter les modules vers le sud ou choisiriez-vous une orientation est-ouest ?
- Quels modules ont été utilisés pour le projet ?
- Qu'est-ce qui fait que la structure flotte sur l'eau ?
- Pourquoi le système a-t-il été conçu à cette taille et non à une taille plus grande ?
- Que feriez-vous différemment sur un prochain projet ?
- Y a-t-il d'autres rapports d'expérience ou de projet que vous pourriez m'envoyer ?

Je tiens à vous remercier beaucoup pour vos commentaires.

Cordialement

Sven Albicker

Solarfloating auf einem Schweizer Stausee

Von: Stjepic Mirko <Mirko.Stjepic@romande-energie.ch>

Datum: 20. August 2024 um 16:36:04 MESZ

An: Sven Albicker <sven.albicker@outlook.com>

Betreff: RE: Solarfloating en Suisse

Bonjour M. Albicker,

Je répondrai volontiers à vos questions. Pourriez-vous s'il vous plait me les envoyer par mail ? Nous pourrions ensuite aussi en discuter de vive voix si vous le souhaitez.

En attendant, je vous invite à consulter la page internet <https://energeiaplus.com/2023/06/14/une-centrale-flottante-appelee-a-grandir/> où vous trouverez deux liens au fond de l'article qui contiennent les rapports de l'installation test, du côté du barrage, ainsi que du démonstrateur sur le lac.

Meilleures salutations.

Mirko Stjepić

O&M Manager Electrique

Photovoltaïque, Microgrids & Regroupements, Mobilité Electrique, Eolien

Romande Energie SA

Route d'Evian 39

1845 Noville

Tél. direct : [+41 21 802 98 21](tel:+41218029821)

Mobile : [+41 76 491 47 49](tel:+41764914749)



Vers un avenir durable.

Ce message est uniquement destiné à la/aux personne/s à laquelle/auxquelles il est adressé. Toute divulgation, copie ou autre usage d'un message et de ses annexes par une personne non autorisée est strictement interdit. Si vous recevez un tel message par erreur, nous vous remercions d'en aviser l'expéditeur avant de le supprimer.

De : Sven Albicker <sven.albicker@outlook.com>

Envoyé : mardi, 13 août 2024 10:09

À : info@romande-energie.ch

Objet : Solarfloating en Suisse

Vous ne recevez pas souvent de courriers de la part de sven.albicker@outlook.com. [Découvrez pourquoi cela est important](#)

Mesdames et Messieurs

Je rédige actuellement une thèse sur le thème du flottage solaire dans mon école technique de Zurich.

Solarfloating auf einem Schweizer Stausee

J'ai trouvé votre adresse grâce aux reportages des médias. Puisque vous avez déjà construit un système en Valais, je voudrais vous poser quelques questions afin de pouvoir intégrer vos expériences dans mon travail.

Serait-il possible pour moi de vous poser mes questions ou de me communiquer mes coordonnées?

Merci pour votre retour.

Cordialement

Sven Albicker

Anhang 4

Mailverlauf mit Bezirk Einsiedeln

Sehr geehrter Herr Albicker

Danke für Ihre Anfrage. Die Fragen sind teilweise sehr komplex, weshalb ich sie aufgrund der aktuell sehr hohen Arbeitsbelastung knapp beantworten muss. Ich hoffe auf Ihr Verständnis.

Die Fragen habe ich direkt unten in blau angefügt.

Freundliche Grüsse

Thomas Geiges | Abteilungsleiter Planen Bauen Umwelt Energie

Bezirk Einsiedeln

Hauptstrasse 78 | 8840 Einsiedeln | www.einsiedeln.ch

[+41 55 418 41 88](tel:+41554184188) direkt | thomas.geiges@bezirkeinsiedeln.ch



Diese E-Mail ist ausschliesslich für den aus dem Text hervorgehenden Empfänger bestimmt.

Sollten Sie die E-Mail aufgrund einer falschen Adressierung versehentlich erhalten, sind wir Ihnen sehr dankbar, wenn Sie umgehend den Absender darüber informieren.

Solarfloating auf einem Schweizer Stausee

Von: Sven Albicker <sven.albicker@outlook.com>

Gesendet: Dienstag, 24. September 2024 20:41

An: Einsiedeln Bauen <bauen@bezirkeinsiedeln.ch>

Betreff: Fragen zur Genehmigung einer Solarfloating-Anlage auf dem Sihlsee

Sehr geehrte Damen und Herren

Im Rahmen meiner Diplomarbeit zum Techniker HF Energie und Umwelt beschäftige ich mich mit der Entwicklung von Konzepten für Solarfloating-Anlagen, also Photovoltaikanlagen, die auf dem Wasser installiert werden.

Da der Sihlsee aufgrund seiner Lage und Eigenschaften ein potenziell geeigneter Standort für eine solche Anlage ist, wende ich mich mit ein paar Fragen an Sie, um die Machbarkeit eines solchen Projekts zu evaluieren:

- Wäre es grundsätzlich möglich, eine Solarfloating-Anlage auf dem Sihlsee genehmigt zu bekommen? *Ohne vertiefte Abklärungen kann diese Frage nicht beantwortet werden. Grundsätzlich braucht es für die Anlage eine Ausnahmegewilligung innerhalb des Gewässerraums (Gewässerschutzgesetz) und das Einverständnis des Grundeigentümers. Grundeigentümer ist die Etzelwerk AG.*
- Welche rechtlichen, technischen oder umweltbezogenen Hürden könnten einem solchen Vorhaben im Weg stehen? *Das Gewässerschutzgesetz regelt was im Gewässerraum möglich ist und was nicht. (GschV Art. 41c), zudem kann es Einsprachen geben. Die Beeinträchtigung des Landschaftsbildes könnte ebenfalls Thema sein.*
- Welche Genehmigungsprozesse müssten durchlaufen werden, und welche Behörden wären involviert? *Ich gehe davon aus, dass eine grössere Anlage ein zweistufiges Planungsverfahren durchlaufen müsste, wenn nicht sogar die Aufnahme im kantonalen und kommunalen Richtplan die Voraussetzung ist. Die Verankerung in der Nutzungsplanung und nachträgliches Plangenehmigungs- oder Baubewilligungsverfahren ist wohl Grundvoraussetzung. Betroffene Behörden sind Kanton und Bezirk.*
- Welche Auflagen hinsichtlich Umweltschutzes, Wassernutzung oder anderer Interessen (z.B. Tourismus, Fischerei, Landschaftsschutz) müssten berücksichtigt werden? *Es ist mir leider nicht möglich dies abzuschätzen respektive seriös zu beantworten. Es wird aber wohl von sämtlichen Amtsstellen auflagen geben.*


Ich wäre Ihnen sehr dankbar, wenn Sie mir einige Einblicke in diese Fragen geben könnten. Ihre Rückmeldung würde mir erheblich bei der Ausarbeitung meines Konzepts helfen.

Vielen Dank im Voraus.

Freundliche Grüsse

Sven Albicker

Auszug Projektbericht Sihlsee



Verantw. Sven Abicker
Elektrizitätswerk Jona-Rapperswil AG
Sven.Abicker@ewj.ch
+41 55 220 91 36

Projektbericht: PROJEKT SIHLSEE

03.09.2024

Stammdaten	
Projektname	PROJEKT SIHLSEE
Kontaktperson	
Planungsverantwortung	Sven Abicker
Software v.	11.8.32.45027
Anzahl der Module	2400
Anlagenleistung	1.088 kWp
Ausrichtung [°]	188
Dachneigung [°]	0
Ausgelegte Fläche	4.795,46 m²

Projektsadresse	
Name	
Straße	Euthalstrasse 41
Postleitzahl	884
Stadt	Euthal
Telefon	
Email	
Notizen	
Land	Schweiz
Bruggenrad [°]	47,29176
Längengrad [°]	8,81549
Höhe über NN [m]	987

Lieferadresse	
Straße	Euthalstrasse 41
Postleitzahl	884
Stadt	Euthal
Land	Schweiz

PROJEKT SIHLSEE

Seite 2 von 43

PROJEKT SIHLSEE

Seite 9 von 43

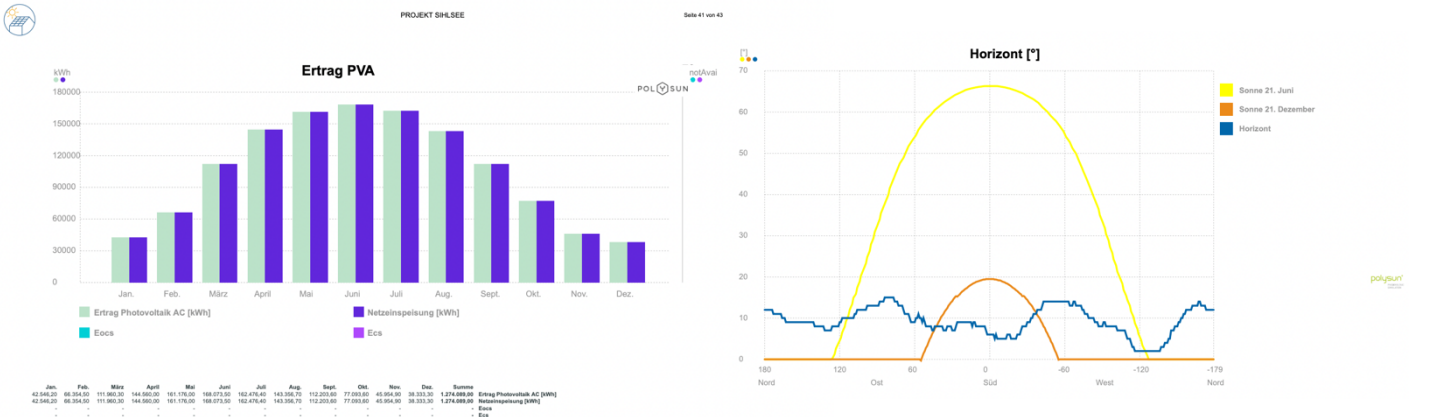
Energiebilanz pro Jahr

Globalstrahlung - Jahressumme	1.281,17 kWh/m²
Abweichung Standardspektrum, Bodenreflexion, Ausrichtung/Neigung der Modulebene, Abschattung, Reflexion Moduloberfläche	101,02 kWh/m²
Einstrahlung in Modulebene	1.382,19 kWh/m²
	1.382,19 kWh/m²
	x 4.795,46 m²
	= 6.628.232,00 kWh
PV Globalstrahlung	6.628.232,00 kWh
Konversion (Trina Vertex S+ TSM-44NEGSR.28 Doppelglas - (BF, R30, EVO2) Modul-Nennwirkungsgrad 21,7 %)	- 5.189.801,12 kWh
Verschmutzungsverluste	- 27.898,55 kWh
PV Nennenergie	1.410.532,33 kWh
Mismatch Verluste	- 6.794,14 kWh
Sonstige Verluste (Schwachlichtverhalten, Dioden, Nenn-Modultemperatur Abweichung usw ...)	- 64.293,35 kWh
Energie am WR-Eingang	1.339.444,75 kWh
Wechselrichterverluste	- 52.767,35 kWh
Kabelverluste	- 12.588,40 kWh
Ertrag Photovoltaik AC	1.274.089,00 kWh
Netzinspeisung	1.274.089,00 kWh
Spezifischer Jahresertrag	1.192,97 kWh/kWp/a
Performance Ratio	86,31 %

Wechselrichter Details

SG250HX - 113 (Sungrow Power Supply Co., Ltd.)

Max. Wirkungsgrad	99,00 %	Europäischer Wirkungsgrad	98,80 %
Transformator	Nein	Strangsicherung	Nein
Innenmontage	Ja	Außenmontage	Ja
AC			
Nennleistung [W]	250.000	Anzahl Phasen	3
Minimale AC-Spannung (V)	340	Maximale AC-Spannung (V)	440
AC-Nennstrom [A]		AC-Nennspannung [V]	400
Leistungsfaktor cos φ	0,99		
Unterstützt 50 Hz	Ja	Unterstützt 60 Hz	Ja
DC			
Maximale Leistung DC [W]	300.000	DC-Nennspannung [V]	1160
Minimale Spannung DC [V]	500	Maximale Spannung DC (V)	1.500
Minimale MPP Spannung [V]	500	Maximale MPP Spannung [V]	1.500
Start-Eingangsspannung [V]	500	Max. Arbeitsspannung [V]	1.500
Anzahl MPP-Tracker (MPPT Typ 1)	12	Maximaler Strom (MPPT Typ 1) DC [A]	30
		Max. Kurzschlussstrom (MPPT Typ 1) [A]	50
Anzahl MPP-Tracker (MPPT Typ 2)	0	Maximaler Strom (MPPT Typ 2) DC [A]	
		Max. Kurzschlussstrom (MPPT Typ2) [A]	0



Anhang 6

Auszug Projektbericht Dixence Solarfloating



Verantwortl.
S. Albicker
Elektrizitätswerk Jona-Rapperswil AG
Sven.Albicker@ewj.ch
+41 55 220 91 36

Projektbericht:
PVA Albicker Dixence
25.06.2024

PVA Albicker Dixence Seite 1 von 27

Stammdaten

Projektname	PVA Albicker Dixence
Kommentar	4824000
Planungsverantwortung	S. Albicker
Software v.	11.0.32.45027
Anzahl der Module	2400
Anlagenleistung	1.292 kWp
Ausrichtung [°]	0,22
Dachneigung [°]	9
Ausgelegte Fläche	4.795,46 m ²

Projektadresse

Name	Dixence
Strasse	1987
Postleitzahl	
Stadt	Héricourt
Stadion	
Email	
Postleitzahl	
Land	Schweiz
Breitengrad [°]	46,07941
Längengrad [°]	7,40288
Höhe über NN [m]	1801

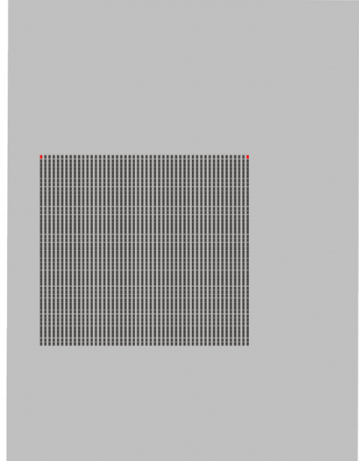
Lieferadresse

Strasse	Dixence
Postleitzahl	1987
Stadt	Héricourt
Land	Schweiz

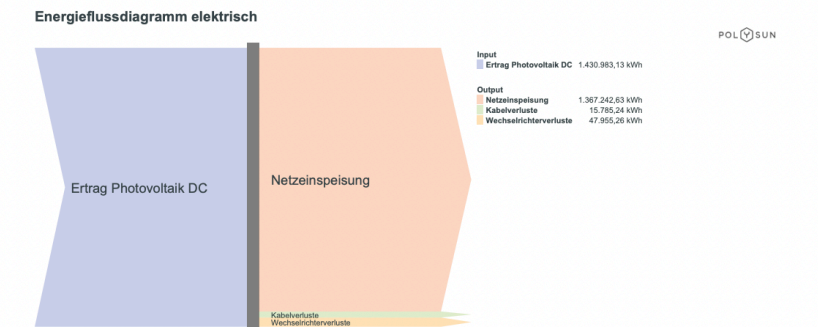
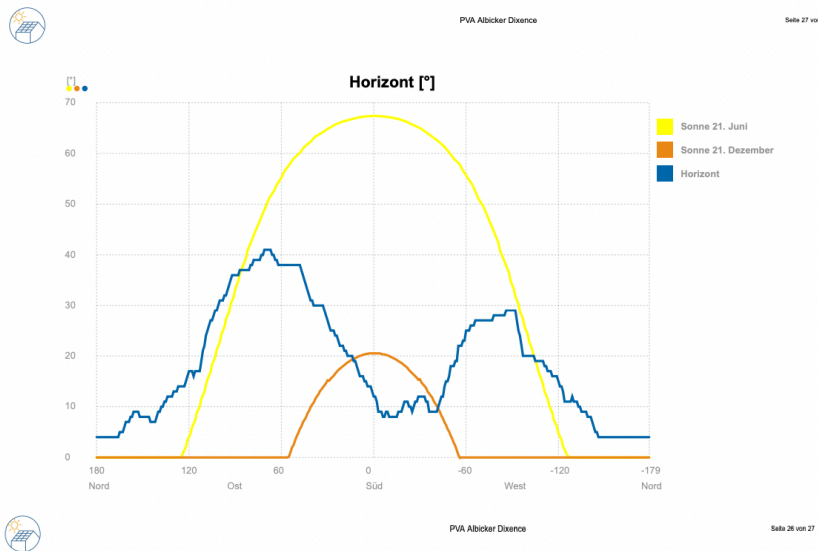
Elektrizitätswerk Jona-Rapperswil AG |

PVA Albicker Dixence Seite 11 von 27

Änderung [Dach_1]



Elektrizitätswerk Jona-Rapperswil AG |



Anhang 7

Projektbericht Dixence Staumauer

Verantwortlich:
Sven Abtucker
Elektrizitätswerk Jona-Rapperswil AG
Sven.Abtucker@ewj.ch
+41 55 220 91 36

**Projektbericht:
Dixence Staumauer**
25.09.2024

Anordnung - Google Maps (Dach_1)

Stammdaten

Projektname	Dixence Staumauer
Kommentar	
Planungsverantwortung	Sven Abtucker
Software v:	11.0.32.49527
Anzahl der Module	7296
Anlagenleistung	3.319,68 kWp
Ausrichtung [°]	8,44
Dachneigung [°]	75
Ausgelegte Fläche	14.578,2 m²

Projektadresse

Name	
Straße	Dixence
Postleitzahl	1987
Stadt	Hérémence
Telefon	
E-Mail	
Notizen	
Land	Schweiz
Eintragsgrad [°]	44,00990
Längengrad [°]	7,40320
Höhe über NN [m]	1891

Lieferadresse

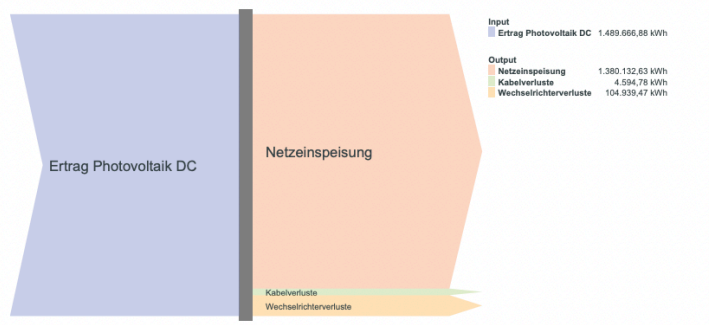
Straße	Dixence
Postleitzahl	1987
Stadt	Hérémence
Land	Schweiz

Elektrizitätswerk Jona-Rapperswil AG | Dixence Staumauer

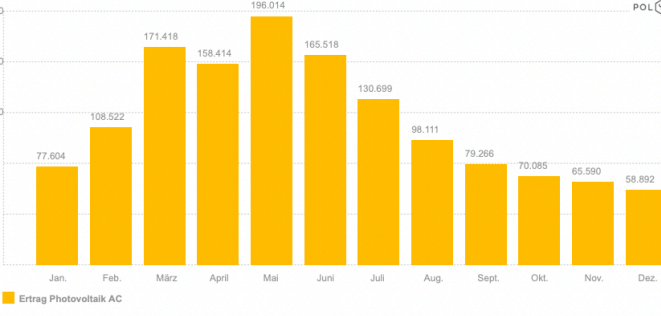
Energiebilanz pro Jahr

Globalstrahlung - Jahressumme	1.524,23 kWh/m²
Abweichung Standardspektrum, Bodenreflexion, Ausrichtung/Neigung der Modulebene, Abschattung, Reflexion Moduloberfläche	- 1.015,38 kWh/m²
Einstrahlung in Modulebene	508,85 kWh/m²
508,85 kWh/m²	
x 14.578,20 m²	
= 7.418.143,00 kWh	
PV Globalstrahlung	7.418.143,00 kWh
Konversion (Trina Vertex S+ TSM-455NEG9R.28 Doppelglas - (BF, R30, EVO2) Modul-Nennwirkungsgrad 21,56 %)	- 5.818.820,78 kWh
Verschmutzungsverluste	- 30.833,37 kWh
PV Nennenergie	1.568.679,85 kWh
Mismatch Verluste	- 7.508,85 kWh
Sonstige Verluste (Schwächlichtverhalten, Dioden, Nenn-Modultemperatur Abweichung usw ...)	- 71.504,01 kWh
Energie am WR-Eingang	1.489.666,88 kWh
Wechselrichterverluste	- 104.939,47 kWh
Kabelverluste	- 4.594,78 kWh
Ertrag Photovoltaik AC	1.380.132,63 kWh
Netzeinspeisung	1.380.132,63 kWh
Spezifischer Jahresertrag	415,74 kWh/kWp/a
Performance Ratio	81,70 %

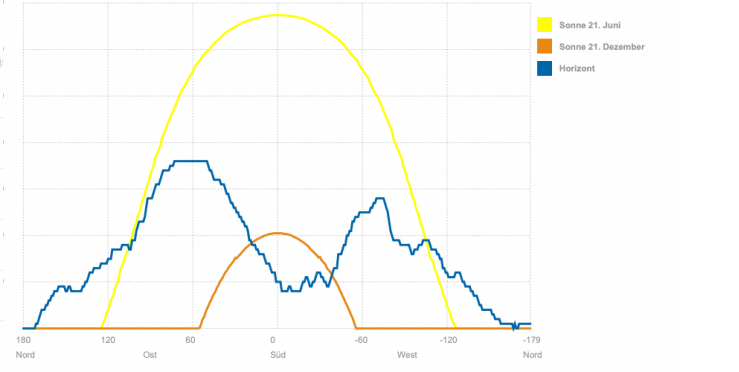
Energieflussdiagramm elektrisch



PV-Energieertrag (AC-Netz)



Horizont [°]



Monat	Ertrag Photovoltaik AC [kWh]
Jan.	77.603,93
Feb.	108.521,81
März	171.417,60
April	158.413,78
Mai	196.014,22
Juni	165.517,92
Juli	130.698,77
Aug.	98.111,09
Sept.	79.266,71
Okt.	70.085,05
Nov.	65.590,47
Dez.	58.892,24
Summe	1.380.132,63
Ertrag Photovoltaik AC	

Anhang 8

Varianten Anlagenkonzept Sihlsee

Aufgrund von Erfahrungen im alpinen Bereich, wurde hier die Unterkonstruktion von K2 und nicht diese von Ciel & Terre berücksichtigt.

SIHLSEE	Solarmodule	Preis-Leistungs-Verhältnis	Erfahrungen Solarfloating	Die grösste Leistung	Wirkungsgrad	Montagefreundlichkeit	Temperaturverhalten	
Variante 1	Meyer Burger 390 Wp	3	3	3	1	1	1	12
Variante 2	Trina Vertex 455 Wp	1	1	1	3	3	2	11
Variante 3	Axitec 445 Wp	2	2	2	2	2	3	13
	Wechselrichter	Preis-Leistungs-Verhältnis	Erfahrungen Solarfloating	Erfahrung Grossanlagen	Support/Ansprechpartner	Monitoring	Temperaturverhalten	
Variante 1	Sungrow 250kW	2	1	1	3	2	1	10
Variante 2	Huawei 300 kW	1	2	2	2	3	2	12
Variante 3	Fronius 100kW	3	3	3	1	1	3	14
	Unterkonstruktion	Preis-Leistungs-Verhältnis	Erfahrungen Solarfloating	Erfahrung auf Stauseen	Support/Ansprechpartner	Montagefreundlichkeit	Erfahrung in den Bergen	
Variante 1	K2	3	3	1	1	2	1	11
Variante 2	Sungrow	1	1	3	3	3	3	14
Variante 3	Ciel & Terre	2	2	2	2	1	2	11
Ergebnis	Solarmodule	Wechselrichter	Unterkonstruktion					
	Variante 2	Variante 1	Variante 1					
	Trina Vertex 455 Wp	Sungrow 250 kW	K2					

Anhang 9

Varianten Anlagenkonzept Lac des Dix

Es handelt sich um einen tiefen See. Daher wurde die Montagefreundlichkeit der Unterkonstruktion diesem Fall etwas höher eingestuft.

LAC DES DIX	Solarmodule	Preis-Leistungs-Verhältnis	Erfahrungen Solarfloating	Die grösste Leistung	Wirkungsgrad	Montagefreundlichkeit	Temperaturverhalten	
Variante 1	Meyer Burger 390 Wp	3	3	3	1	1	1	12
Variante 2	Trina Vertex 455 Wp	1	1	1	3	3	2	11
Variante 3	Axitec 445 Wp	2	2	2	2	2	3	13
	Wechselrichter	Preis-Leistungs-Verhältnis	Erfahrungen Solarfloating	Erfahrung Grossanlagen	Support/Ansprechpartner	Monitoring	Temperaturverhalten	
Variante 1	Sungrow 1000kW	1	1	1	3	3	1	10
Variante 2	Huawei 300 kW	2	2	2	2	2	2	12
Variante 3	Fronius 100kW	3	3	3	1	1	3	14
	Unterkonstruktion	Preis-Leistungs-Verhältnis	Erfahrungen Solarfloating	Erfahrung auf Stauseen	Support/Ansprechpartner	Montagefreundlichkeit	Erfahrung in den Bergen	
Variante 1	K2	3	3	1	1	3	1	12
Variante 2	Sungrow	1	1	3	3	1	3	12
Variante 3	Ciel & Terre	2	2	2	2	2	2	12
Ergebnis	Solarmodule	Wechselrichter	Unterkonstruktion					
	Variante 2	Variante 1	Variante 2					
	Trina Vertex 455 Wp	Sungrow 1000 kW	Sungrow					